

# Tiempo y Clima de la Antártida y los Océanos Australes



# Contenidos:

<i>Fecha</i>		<i>Temario</i>
<b>3/9</b>	<b>C1</b>	<b>Características de la Antártida-Observaciones atmosféricas</b>
<b>10/9</b>	<b>C2</b>	<b>Climatología física de la Antártida</b>
<b>17/9</b>	<b>C3</b>	<b>Circulación General de la Atmósfera Antártica</b>
<b>24/9</b>	<b>C4</b>	<b>Variabilidad Sinóptica-Mesoescala</b>
<b>1/10</b>	<b>C5</b>	<b>Variabilidad climática interanual</b>
<b>8/10</b>	<b>C6</b>	<b>Tendencias climáticas - Cambio Climático</b>
<b>15/10</b>	<b>C7</b>	<b>Dinámica de los océanos australes (Ilana Wainer)</b>
<b>22/10</b>	<b>C8</b>	<b>Dinamica de los ecosistemas de los mares australes I (P. Flombaum)</b>
<b>29/10</b>	<b>C9</b>	<b>Dinamica de los ecosistemas de los mares australes II (P. Flombaum)</b>
<b>5/11</b>	<b>C10</b>	<b>Papel de los océanos australes en el ciclo del Carbono (Bianchi)</b>
<b>26/11</b>		<b>Seminarios (Fecha aproximada, definitiva a convenir)</b>

# Bibliografía: Atmósfera

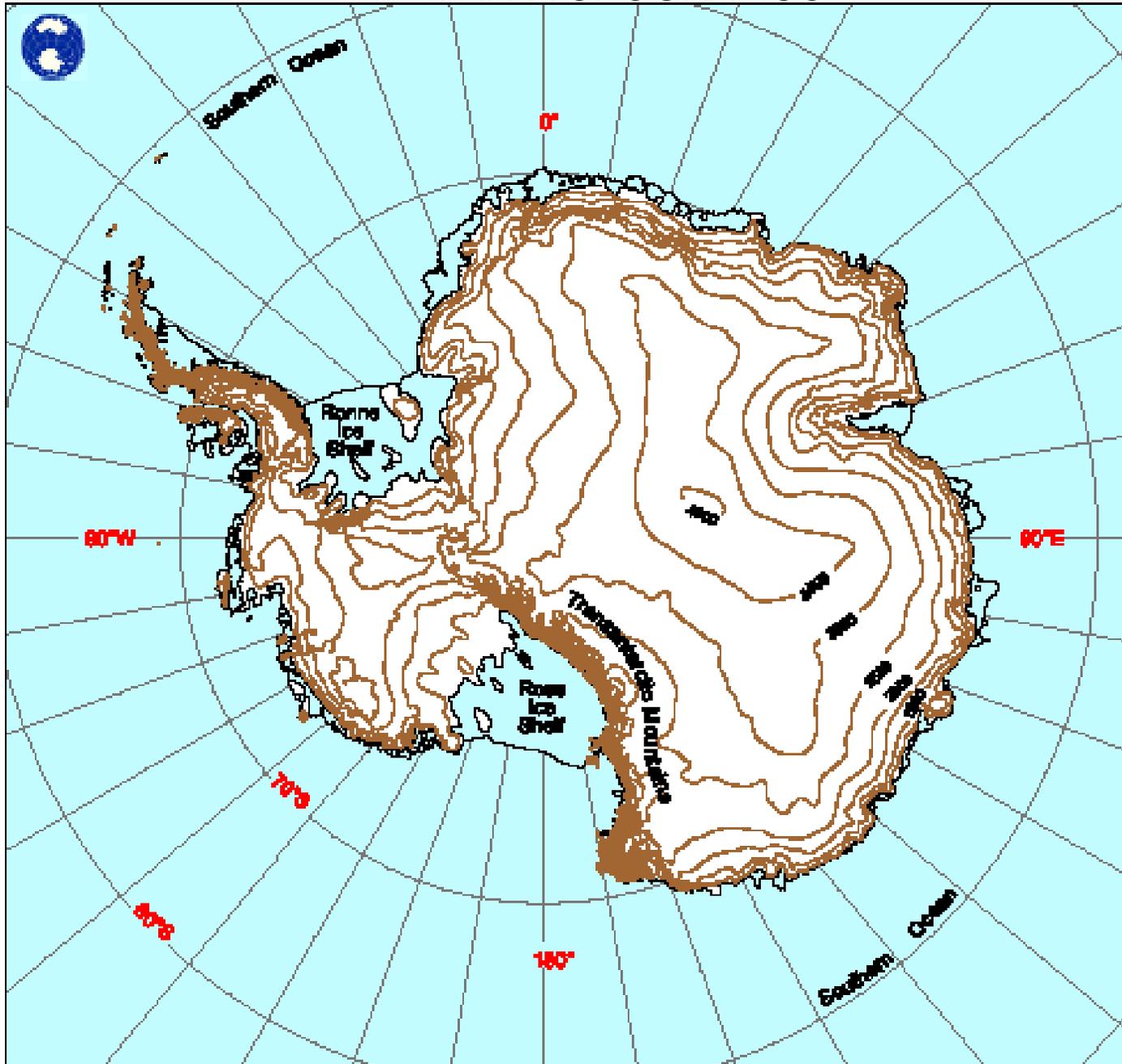
- King, J. C., and J. Turner, 1997. Antarctic Meteorology and Climatology. J. C. King, and J. Turner, Cambridge Atmospheric and Space Science Series, Cambridge University Press.
- Karoly, D., and D. Vincent: 1998: Meteorology of the Southern Hemisphere. Meteorological Monographs, Vol. 27, No 49. American Meteorological Society.

## ***Atmósfera en general***

- Peixoto, José, and Abraham H. Oort, 1992: Physics of Climate. American Institute of Physics.
- James, I. N., 1994: Introduction to Circulating Atmospheres. Cambridge Atmospheric and Space Science Series. Cambridge University Press.
- Ahrens, D. 2002. Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment. Brooks Cole.
- Barry, R. and Chorley, R. 1998. Atmosphere, Weather and Climate. Seventh Edition. Routledge.
- Camilloni, I. y Vera, C. 2006. El aire y el agua en nuestro planeta. Eudeba.



## MAPA TOPOGRÁFICO



## NUNATAKS



## SASTRUGI



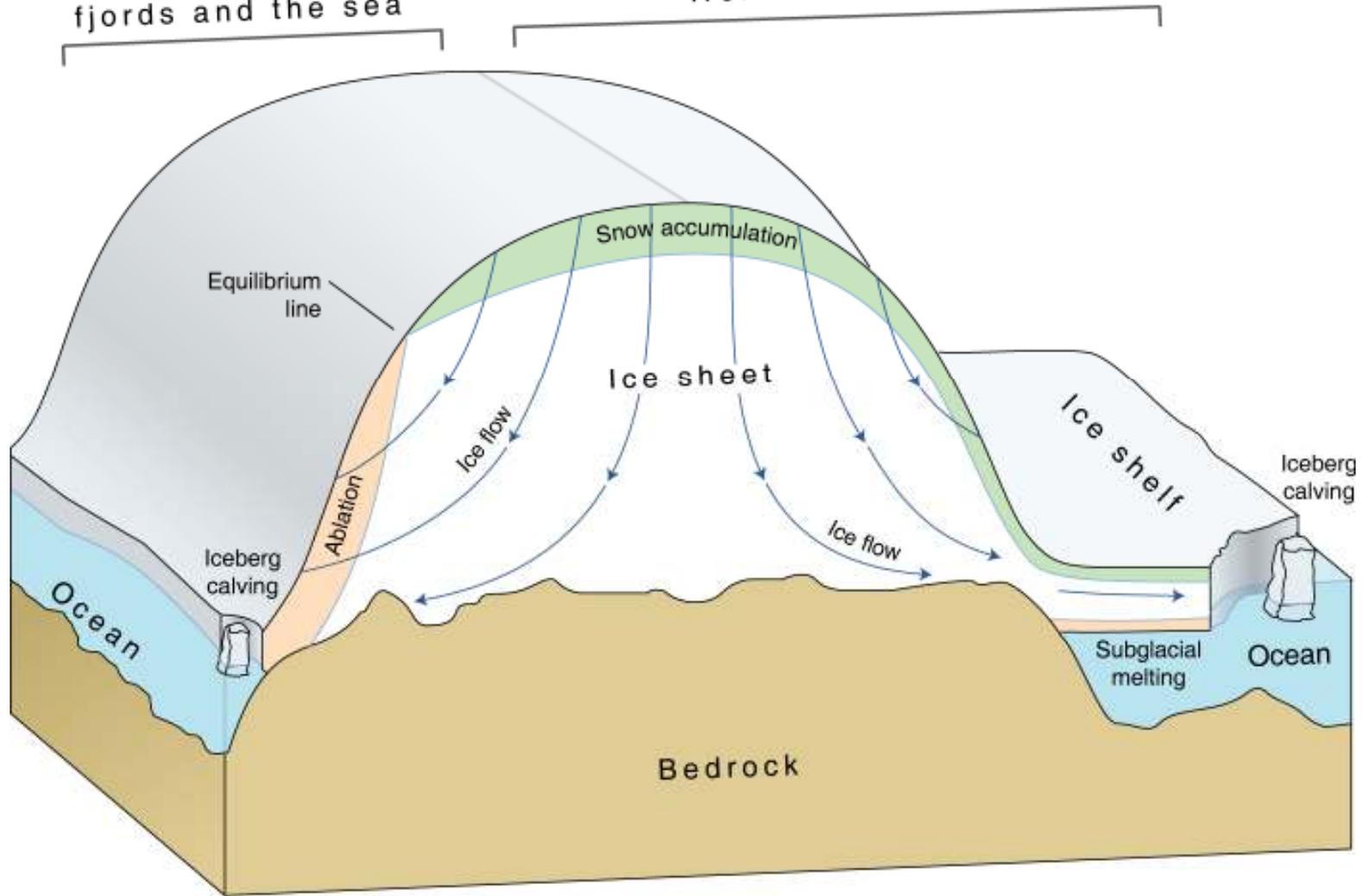


- 30 Millones de km<sup>3</sup> de hielo
- 90% del hielo de agua dulce del globo
  - 86.5% en Antártida del E
  - 11.5% en Antártida del O
  - 2% en los ice shelves
- 2.4% del area total con rocas expuestas
- Espesor del casquete de hielo (ice sheet) o glaciares mas profundo en Antártida del E (~4500m)

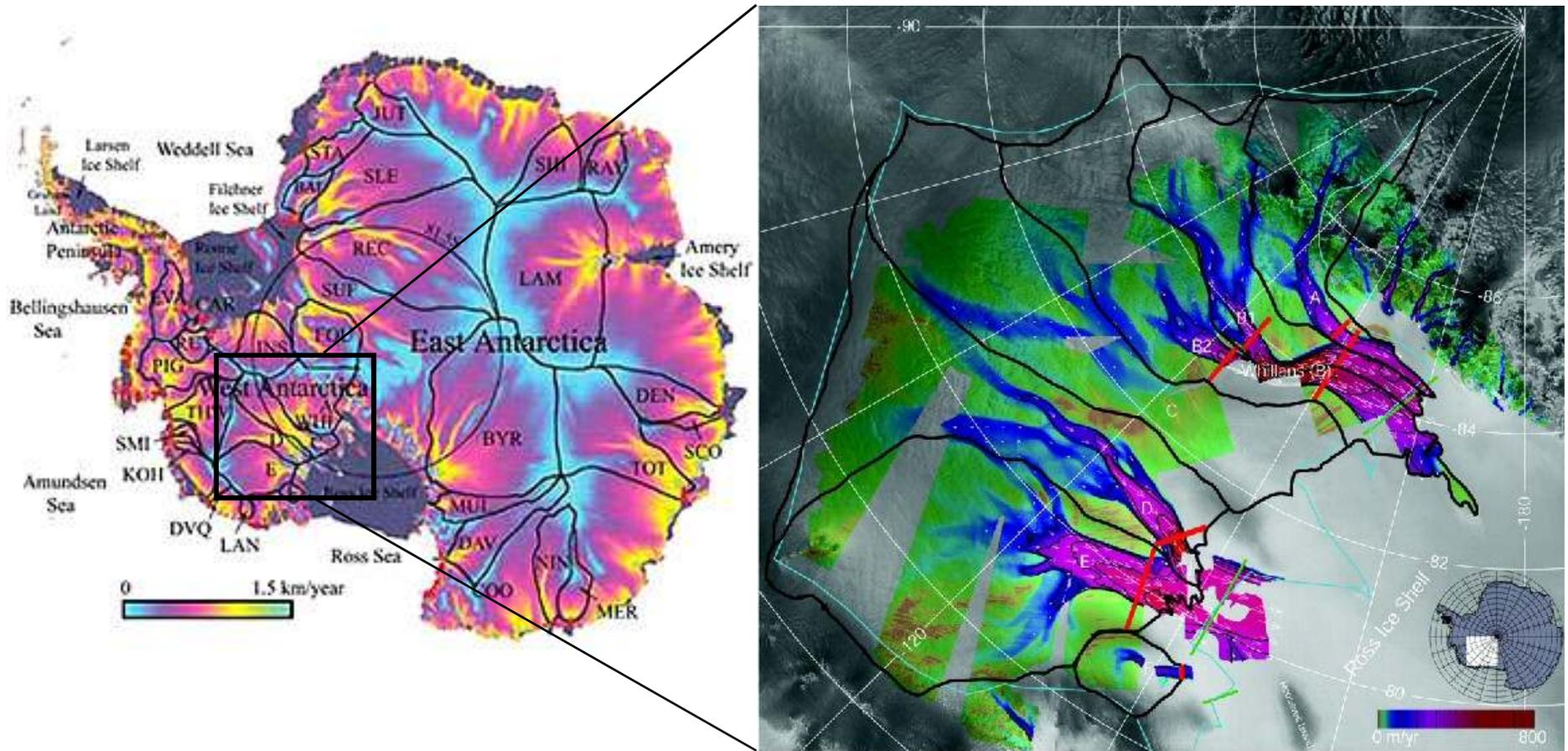


**Greenland**  
Melting on the lower parts of the surface, icebergs calve off from ice sheet edges into ice fjords and the sea

**Antarctica**  
Ice shelves, with subglacial melting. Icebergs calve off from ice shelves



Ice Stream: a current of ice in an ice sheet or ice cap that flows faster than the surrounding ice (NSIDC glossary)



## Barrera de Hielo -ICE SHELF

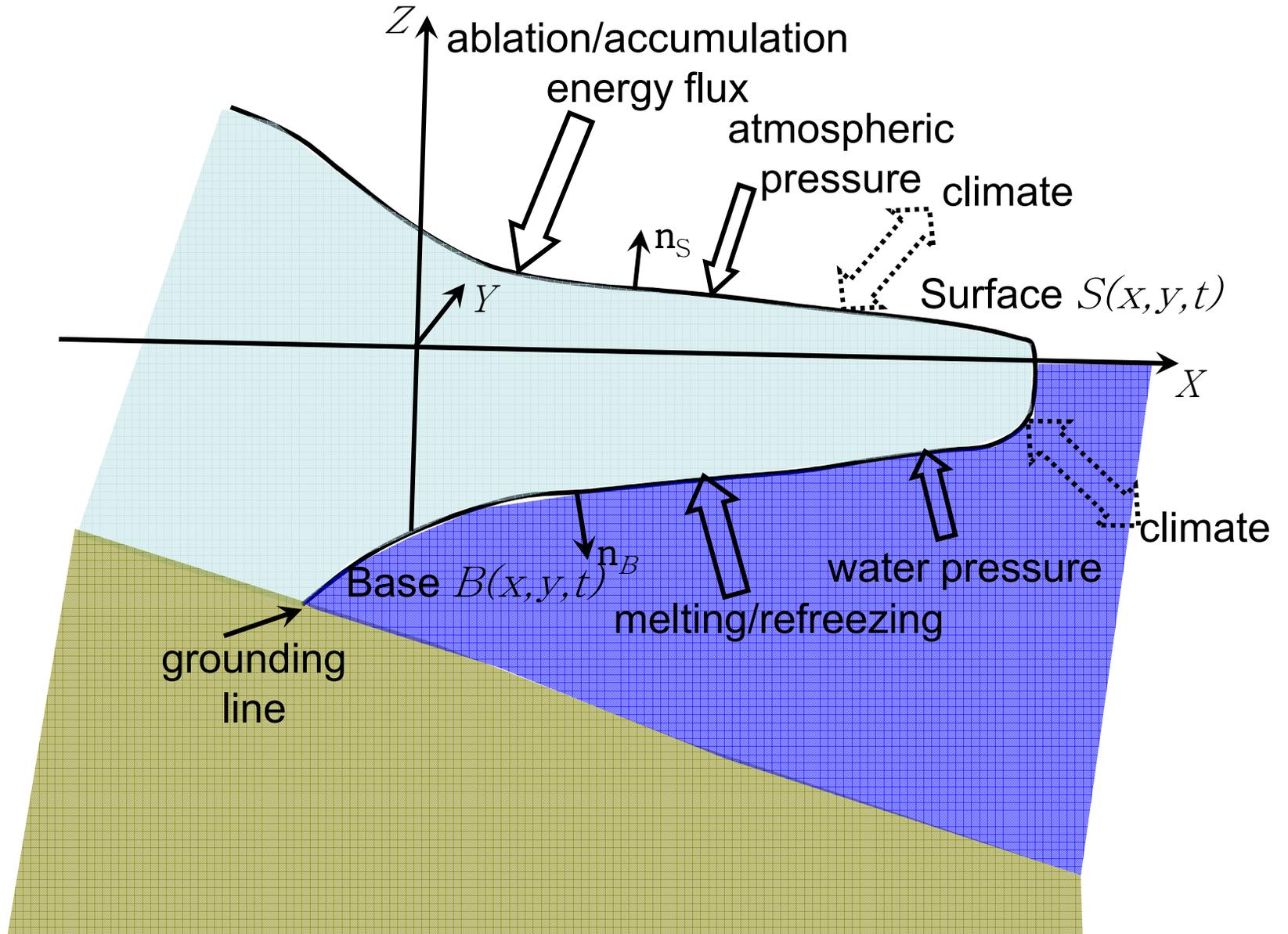


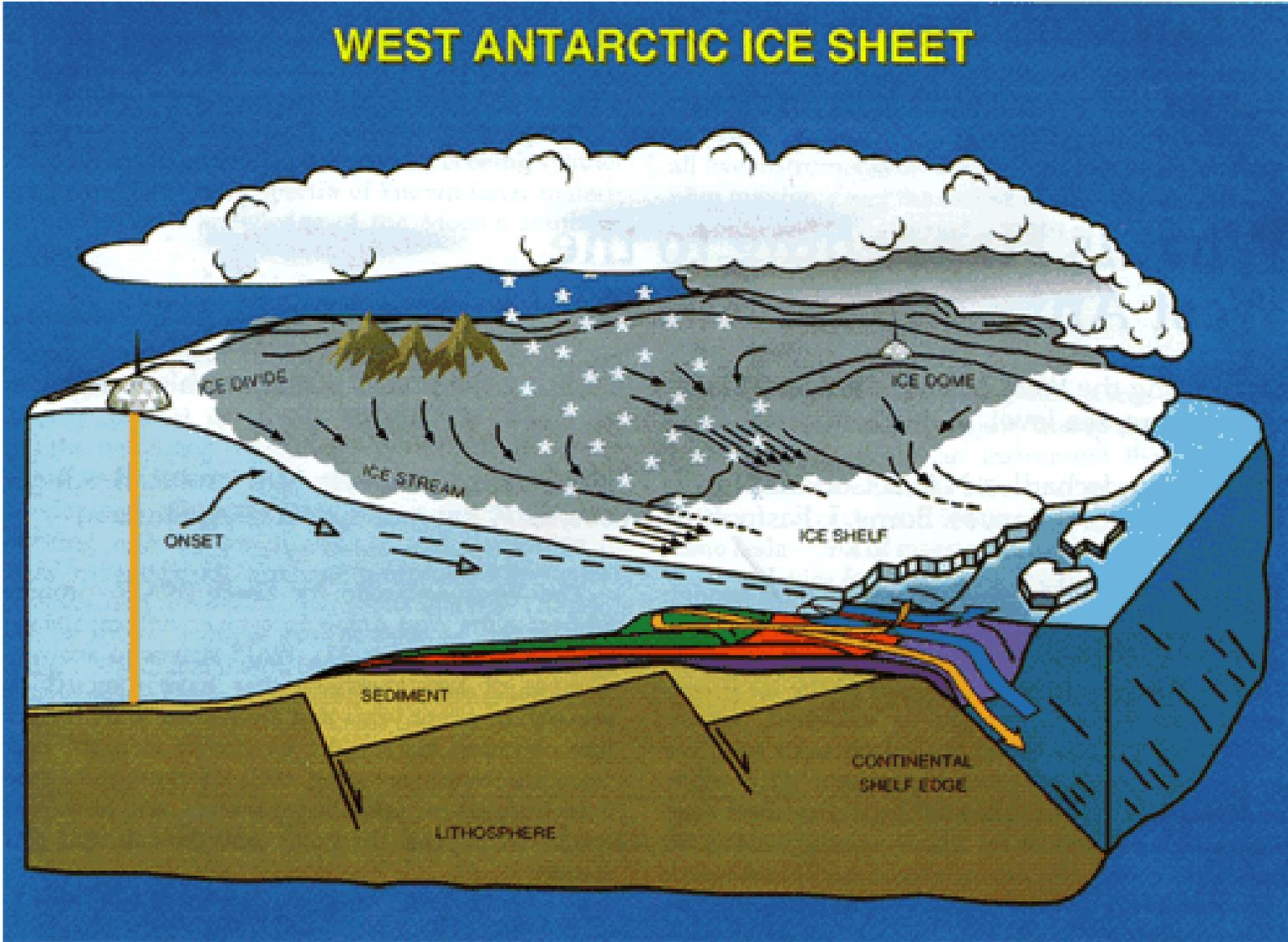
ICEBERG



- Hielo del interior fluye hacia la costa a ~500 m/año
- Cuando la corriente de hielo llega al borde del continente:
  - Plataformas de hielo flotante (ICE SHELF)
  - ICEBERGS
- 11% del area total del continente cubierta con Ice shelves
- Ross y Filchner-Ronne los ice shelves mas grandes.

# Floating ice shelf

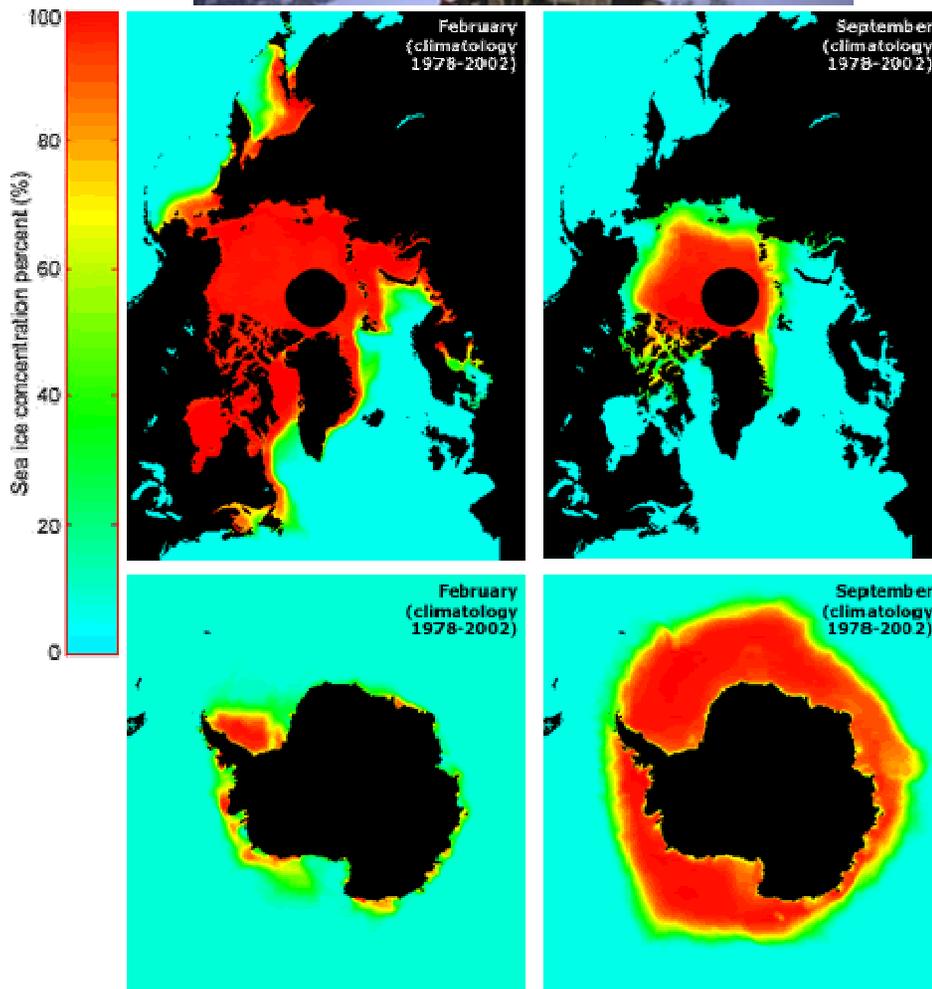






- Barreras de hielo - Ice shelves:
  - 44% de la línea de costa
  - 38% paredes de hielo en tierra
  - 13% con corrientes de hielo
  - 5% con rocas
- Espesor:
  - 100-500m
  - Filcher-Ronne (desde 300m hasta 1600m)



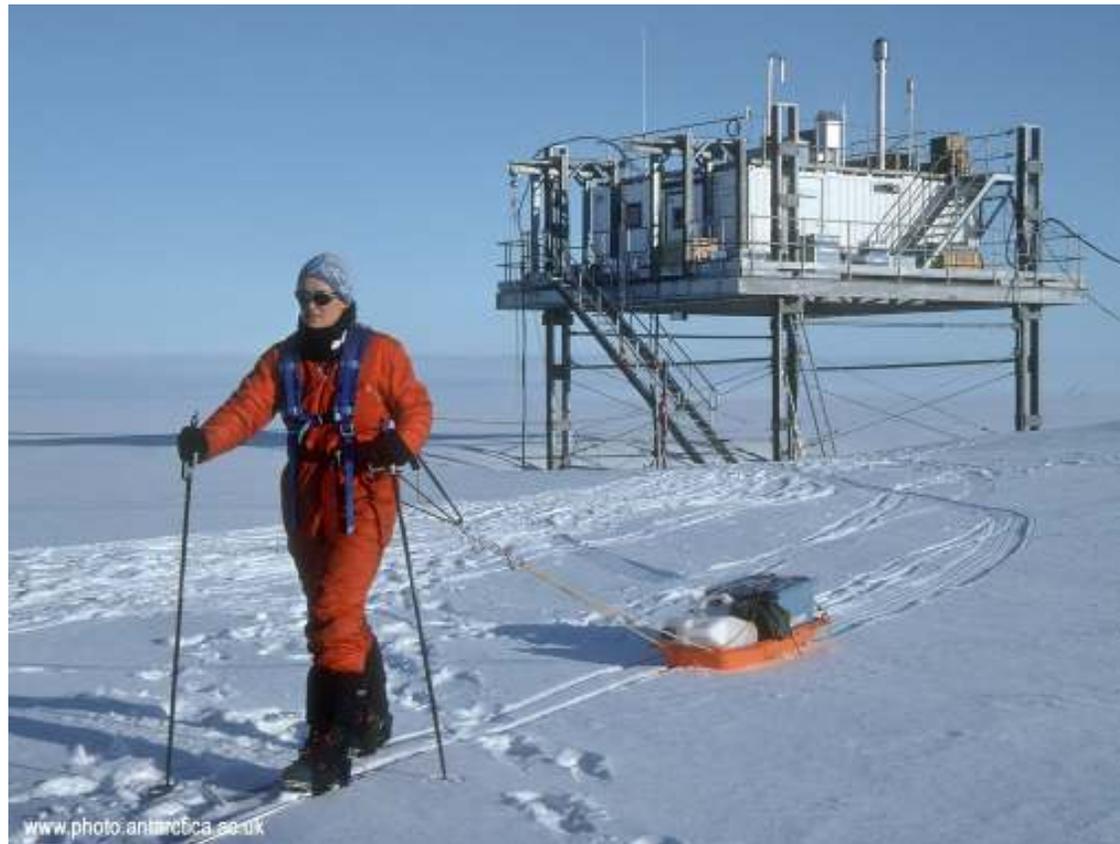


## Hielo marino:

- Máxima extensión al fin del invierno (~60S)
- Mayoría se derrite y retrae a la costa en el verano
- Hielo de 1 año y relativamente fino.

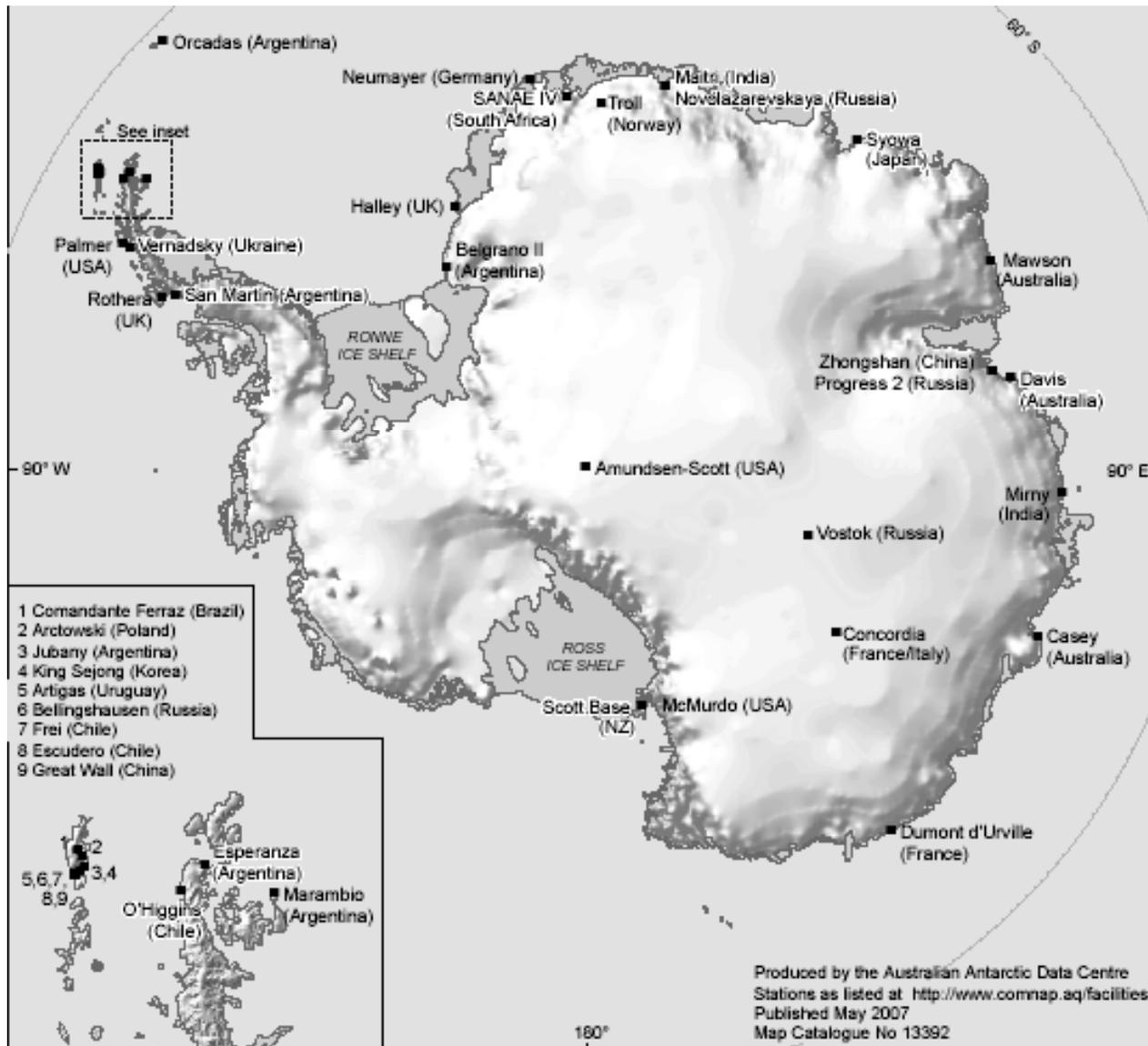


# Observaciones e instrumentación en la Antártida

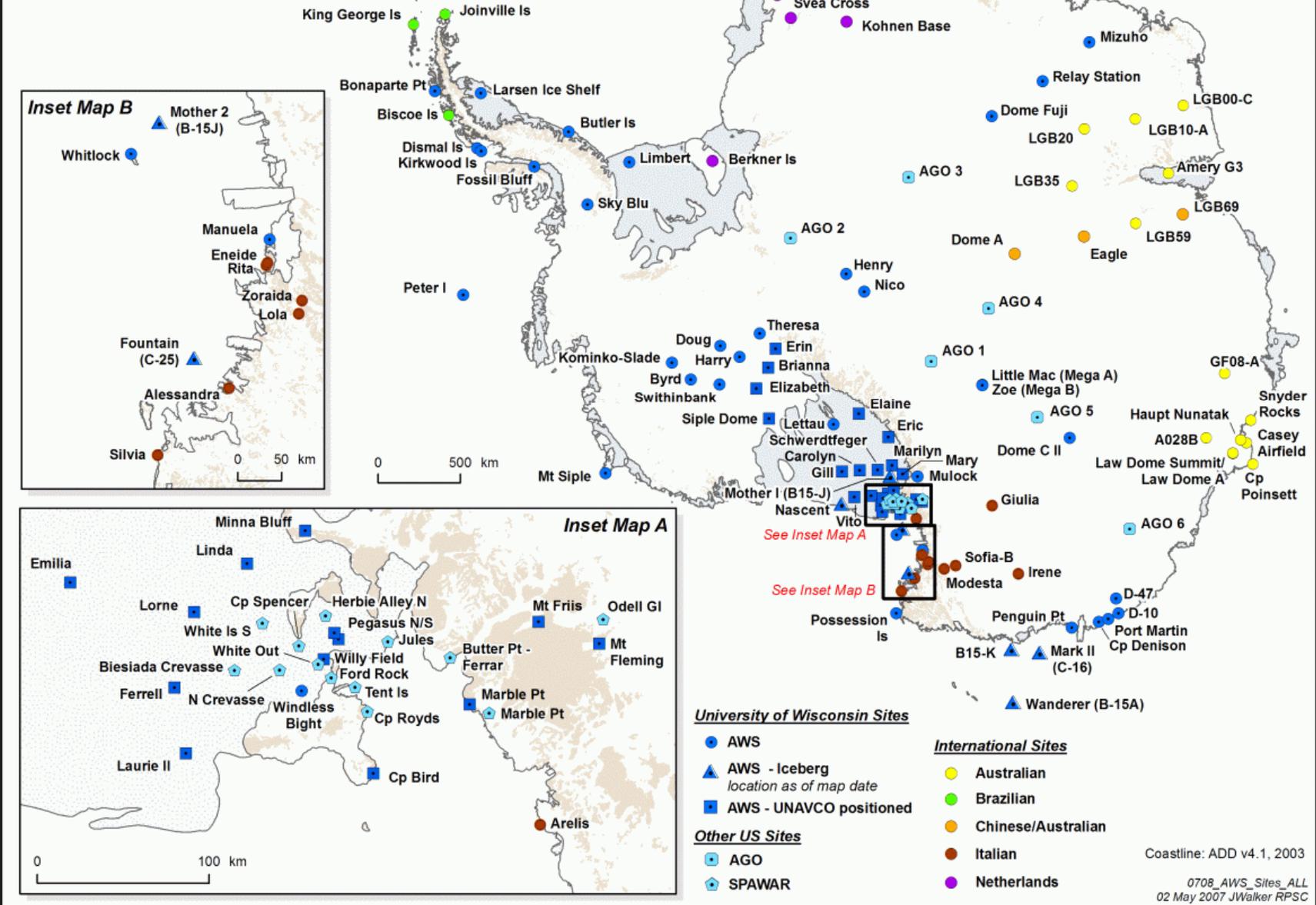


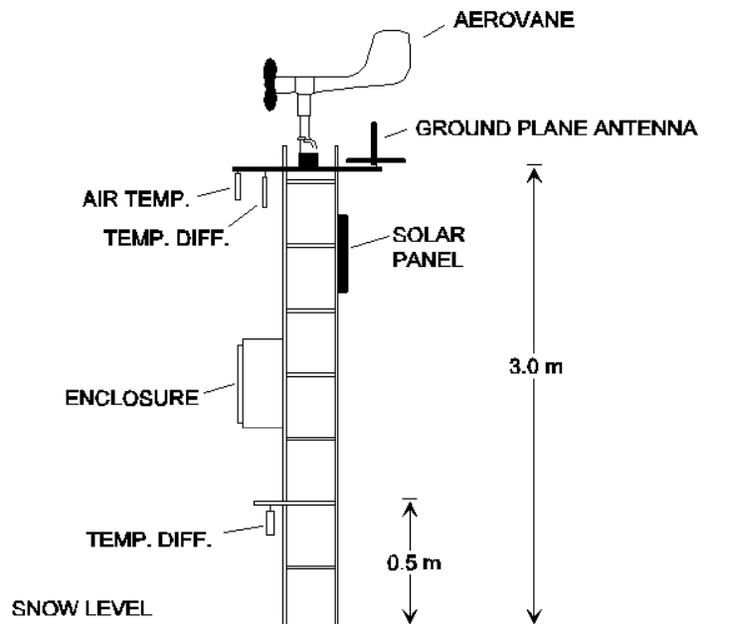
[www.photo.antarctica.co.uk](http://www.photo.antarctica.co.uk)

# ESTACIONES PERMANENTES CON OBSERVACIÓN MANUAL



# University of Wisconsin - Madison 2007 Automatic Weather Stations





## Automatic Weather Stations Project

### Antarctic Meteorological Research Center (AMRC)

<http://amrc.ssec.wisc.edu/>

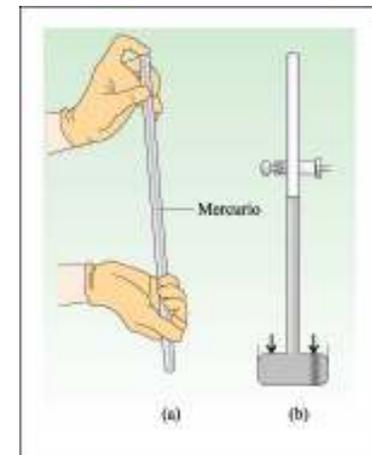
# Mediciones de presión: Barómetro de Mercurio (Hg)

Lo que se mide es la altura de una columna de mercurio cuyo peso es compensado por la presión de la atmósfera.

El modelo más frecuente (barómetro Fortin) está constituido por un tubo de vidrio cuyo extremo superior está sellado. El tubo se llena de mercurio, y luego se invierte, con el extremo inferior colocado en un recipiente con mercurio. La diferencia entre los niveles del mercurio en el interior del tubo y en el recipiente inferior corresponde a la presión atmosférica y normalmente se expresa en milímetros.

1 mm de Hg (a 0°C) = 1.332 hPa

1 hPa = 1 milibar (mb)



## MEDICION CONVENCIONAL DE LA PRESIÓN



Se coloca en el interior de la estación meteorológica, ya que no puede estar expuesto al sol ni a corrientes de aire. Deben colocarse sobre paredes por las que no pasen cañerías y debe estar a una altura en la que sea fácil medir y completamente vertical.

Para medir la presión el primer paso es llevar el mercurio de la cubeta, mediante un tornillo, hasta el extremo de un índice de marfil (es el 0 de la escala). Este procedimiento se llama enrase. Luego se debe ajustar el vernier de manera que apenas toque el menisco que forma el mercurio. Paralelamente se debe medir la temperatura del termómetro adjunto. Todo esto debe realizarse rápidamente para que el calor de nuestro cuerpo no incida en la medición.

Una vez leído el dato de presión se deben hacer algunas correcciones:

- Por temperatura, ya que la altura del mercurio varía con la temperatura
- Por gravedad (reducir a 45° de latitud y 0 metros)

## Medición de la Presión en la Antártida

- Las observaciones de presión se reducen convencionalmente a valores a nivel del mar considerando la temperatura de superficie de la estación
- Fuerte inversión de superficie sobre el interior del continente -> la T de superficie es anómalamente mas frías que la del interior de la atmósfera.
- Un anticiclón anómalamente fuerte aparece sobre el continente en los mapas de presión media al nivel del mar.
- Existen variaciones en la forma de reducción de la presión de país a país
- 500 hPa es el nivel Standard mas bajo que esta por encima en todos lados de la superficie continental

# Medición convencional de la temperatura

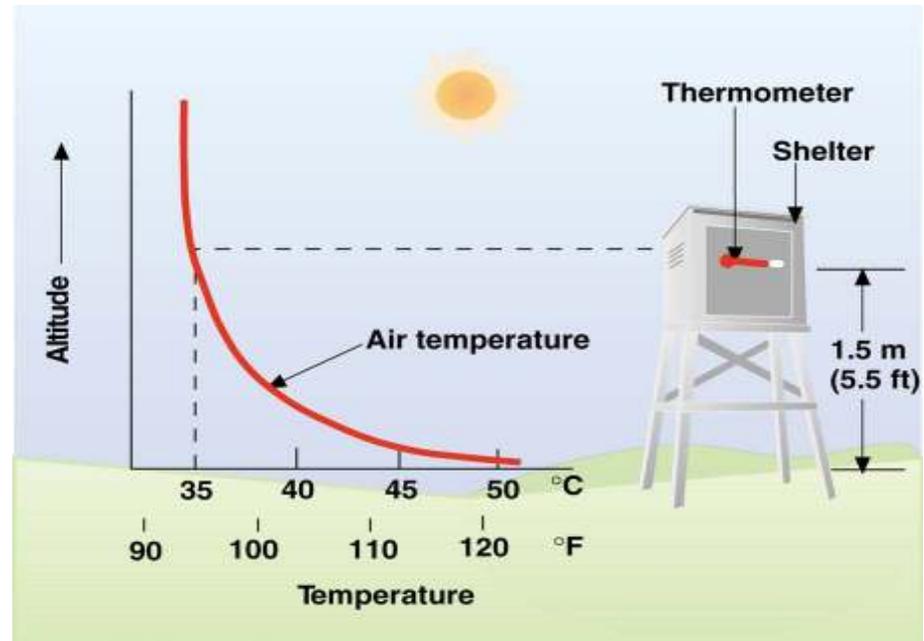


**Abrigo  
meteorológico**

# Termómetros (I)

**Termómetro:** registra la temperatura. Se basa en el principio de que un líquido (en gral. mercurio o alcohol) cambia de volumen en función de la temperatura.

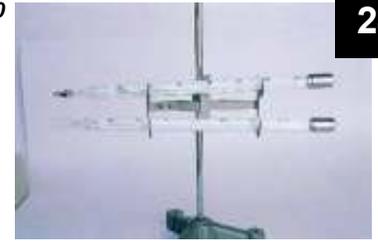
Instalación: Se coloca en el interior del abrigo meteorológico con su bulbo a una altura entre 1.5 y 2 metros de altura.



## Otros tipos:

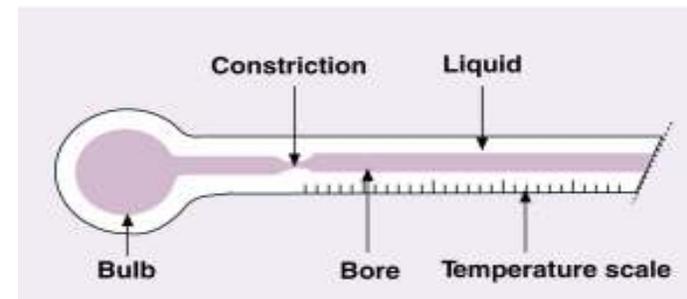
- Bimetálico (dilatación)
- Electrónico (resistencia eléctrica)

## Termómetros (II)

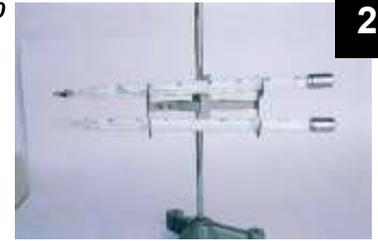


**Termómetro de máxima:** registra la temperatura más alta del día. Es un termómetro de mercurio que tiene un estrechamiento del capilar cerca del bulbo o depósito. Cuando la temperatura sube, la dilatación de todo el mercurio del bulbo vence la resistencia opuesta por el estrechamiento, mientras que cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe por el estrechamiento y su extremo libre queda marcando la temperatura máxima.

Instalación y medición: Se coloca dentro del abrigo meteorológico en un soporte adecuado, con su bulbo inclinado hacia abajo formando un ángulo de  $2^\circ$  con la horizontal. Luego de la lectura, para volver a ponerlo a punto se debe sujetar firmemente por la parte contraria al depósito y sacudirlo con el brazo extendido.

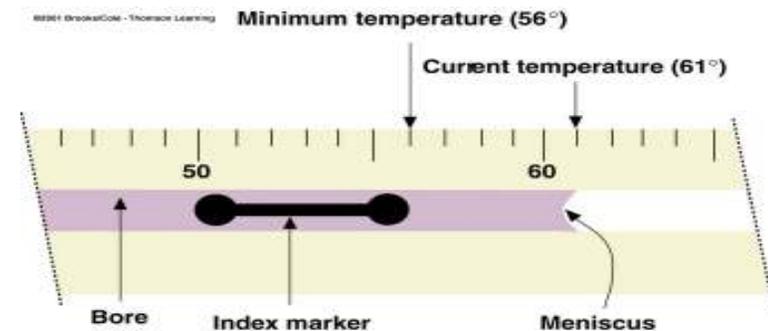


# Termómetros (III)



**Termómetro de mínima:** registra la temperatura más baja del día. Está compuesto de alcohol y llevan un índice coloreado de vidrio o marfil sumergido en el líquido. El bulbo tiene en general forma de horquilla (para aumentar la superficie de contacto del elemento sensible). Cuando la temperatura baja, el líquido arrastra el índice porque no puede atravesar el menisco y se ve forzado a seguir su recorrido de retroceso. Cuando la temperatura sube, el líquido pasa fácilmente entre la pared del tubo y el índice y éste queda marcando la temperatura más baja por el extremo más alejado del bulbo. La escala está dividida cada  $0,5^{\circ}\text{C}$  y su amplitud va desde  $-44,5$  a  $40,5^{\circ}\text{C}$ .

Instalación y medición: Se coloca dentro del abrigo meteorológico en un soporte adecuado en forma horizontal. Luego de la lectura se debe poner nuevamente el índice en contacto con la superficie libre del alcohol.

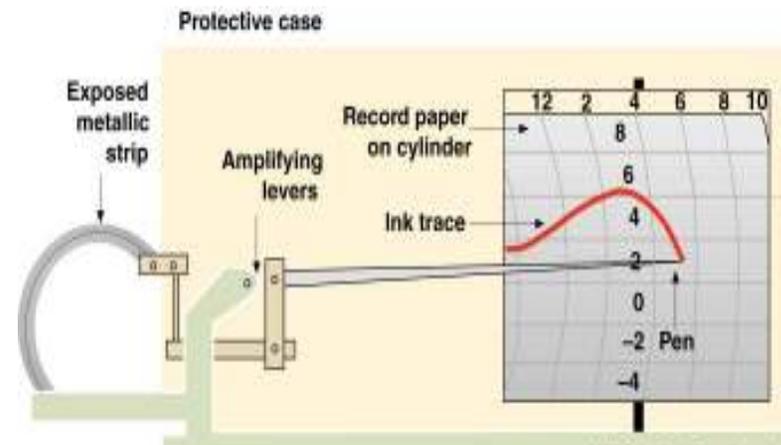


# Termógrafo



**Termógrafo** (grafica la temperatura a través del tiempo). El sensor de este instrumento está constituido por un elemento bimetálico circular. Es decir dos metales de diferente coeficiente de dilatación (ínvar y bronce o ínvar y acero). Cuando varía la temperatura se produce un cambio en el radio del elemento medidor que se transmite a un sistema de palancas que accionan un brazo inscriptor. La banda de registro va colocada sobre un tambor cilíndrico que contiene un mecanismo de relojería. Este gira una vuelta en 24 horas o en una semana según se seleccione. La escala está dividida de a  $1^{\circ}\text{C}$ . La amplitud es de  $-35$  a  $45^{\circ}\text{C}$  y la precisión es de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

Instalación: Se coloca en el interior del abrigo meteorológico



# Mediciones de Temperatura en la Antártida

- Termómetros en las recientes AWS realizan mediciones mas precisas y menos afectadas por las inclemencias del medio ambiente.
- Mediciones de T en abrigos convencionales fuertemente afectados por las inclemencias del tiempo.
- Abrigos afectados por la nieve levantada y en verano por altos niveles de radiación solar debido al efecto adicional de la reflexión en el hielo/nieve
- Precaución con observaciones de T de superficie inusualmente altas en verano.
- Problemas con los termómetros de alcohol y mercurio para valores de T menor a -30C

## Higrómetro mecánico

Está basado en la propiedad de algunos materiales (cabello humano, algodón, seda, papel, etc.) de cambiar su dimensión física dependiendo de la humedad relativa del aire.

Cuando el aire está seco las células del cabello están juntas unas a otras, pero cuando el aire está húmedo los espacios entre las células absorben vapor de agua y el cabello aumenta de grosor y longitud. Este alargamiento es el que se usa para medir la humedad.

Este instrumento tiene un haz de cabello cuyo extremo superior está fijado al armazón y el inferior sujeta un peso. El peso está conectado por palancas amplificadoras a un sistema de transmisión que termina en un señalador que, moviéndose sobre una escala, indica la humedad relativa.





## Higrómetro basado en el uso de componentes electrónicos

Se utiliza la capacidad de ciertos materiales de absorber moléculas de vapor de agua a través de su superficie. Este proceso, al modificar las propiedades eléctricas de una componente de un circuito electrónico (resistencia o condensador), permite crear una señal eléctrica que es proporcional a la humedad.

Este tipo de sensor se utiliza en estaciones meteorológicas automáticas y en equipos de radiosondeos.



## Psicrómetro

El psicrómetro está formado por dos termómetros: uno de bulbo seco y otro de bulbo húmedo.

La temperatura de *bulbo seco* se corresponde con la temperatura ambiental tal como se mide normalmente.

El termómetro de *bulbo húmedo* tiene su bulbo envuelto en una muselina que se mantiene siempre humedecida.



## Tipos de psicrómetros



Con ventilación natural



Con ventilación forzada

La evaporación en el tejido que envuelve al bulbo hace descender la temperatura, dado que se absorbe calor del ambiente, que se convierte en trabajo aplicada al cambio de estado del agua.

La temperatura del termómetro desciende continuamente hasta que el aire de los alrededores se satura, es decir, no admite más agua. Entonces la temperatura permanece en un valor fijo que se denomina temperatura del bulbo húmedo.

**Conociendo la temperatura del bulbo seco y la del bulbo húmedo podemos conocer las condiciones ambientales de humedad a través de una ecuación (tabla).**

# Mediciones de Humedad en la Antártida

- Una de las variables mas problemáticas de medir.
- Problemas con las fórmulas psicrométricas por las bajas temperaturas y por utilizar la tensión de saturación del agua líquida aún a  $T < 0C$
- AWS mejores sensores de humedad apropiados para las T existentes

# Instrumentos para medir el viento

La velocidad del viento se mide con un anemómetro.

Unidades:

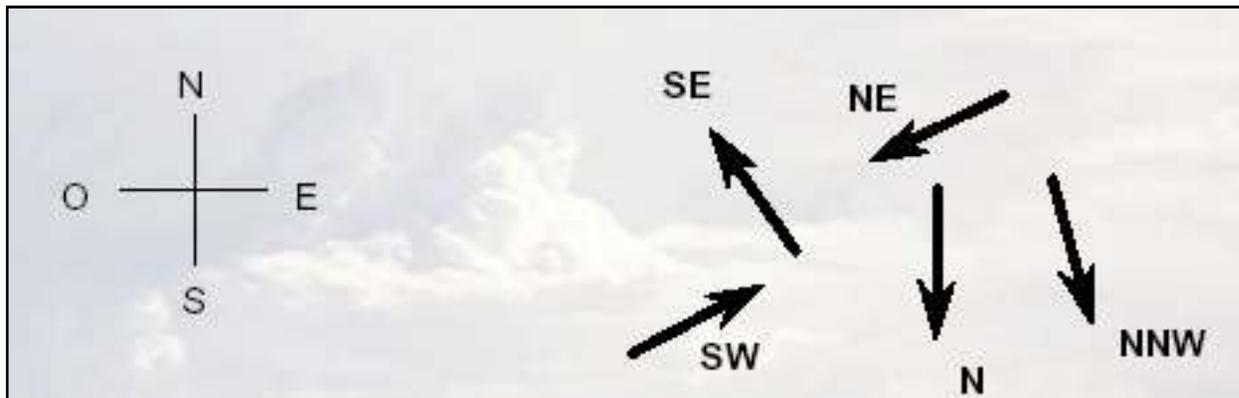
1 m/s = 3.6 km/h = 2 nudos (knots)



Tipos de anemómetros

## Dirección del Viento

El viento es una variable vectorial, y en consecuencia además de su magnitud necesitamos conocer su dirección. La dirección del viento se designa según la dirección geográfica desde donde el viento está soplando (desde donde viene).



La dirección del viento se mide con una veleta, algunas veces incorporada con el anemómetro.



# Mediciones de Viento en la Antártida

- Anemómetros standards afectados por la formación de hielo.
- Anemómetros ultrasónicos afectados por la nieve levantada

# Medición de la precipitación



*Pluviómetro*



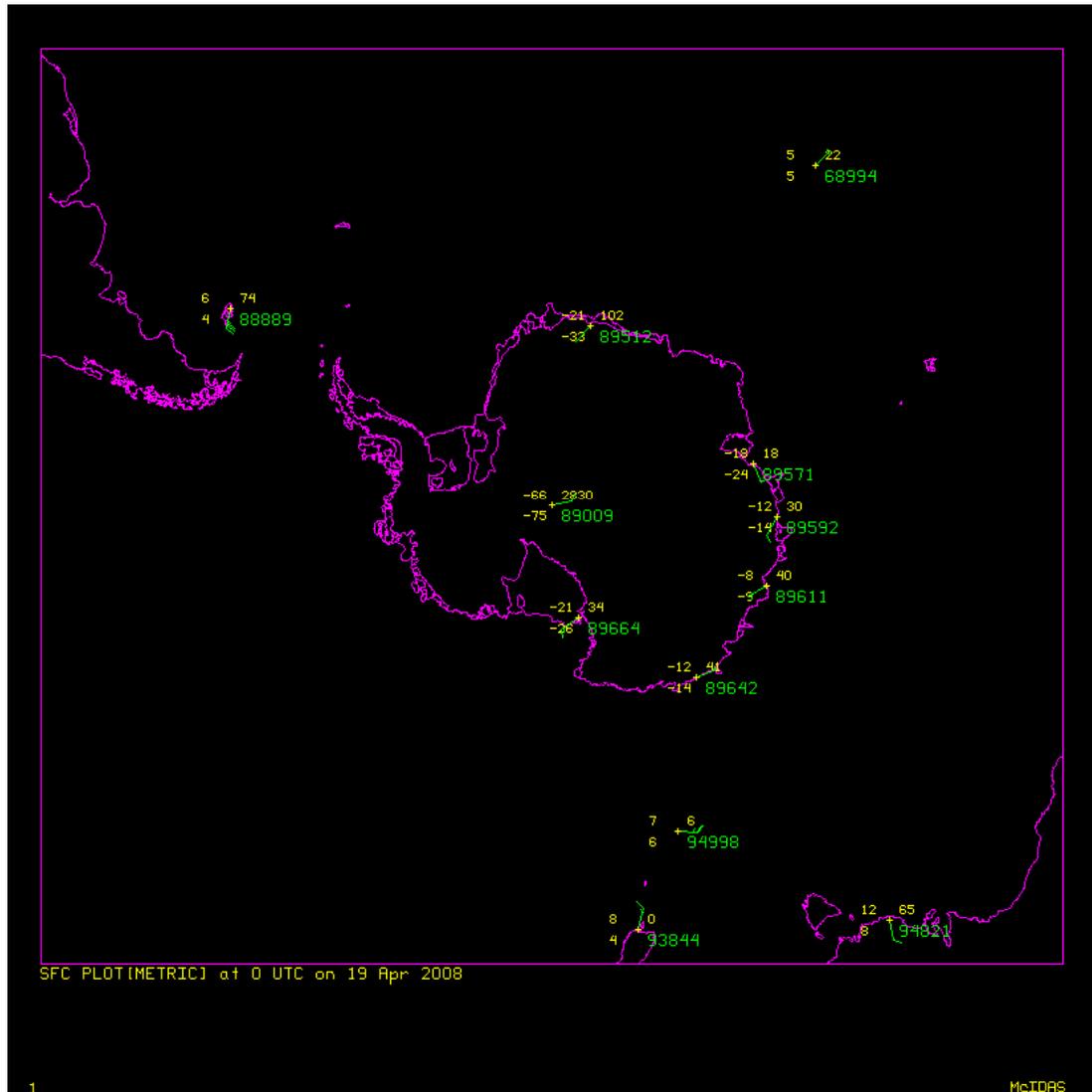
Unidad: milímetro de agua caída

*1mm corresponde a un litro de agua por m<sup>2</sup> de superficie*

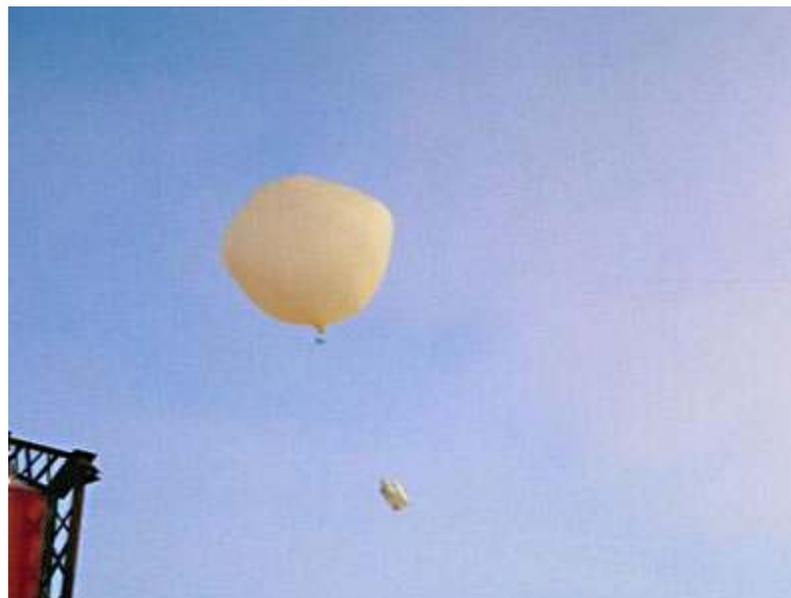
# Mediciones de Precipitación en la Antártida

- No hay técnicas suficientemente satisfactorias para medirla en la Antártida
- Nivómetros convencionales fuertemente afectados por el viento. Imposible discriminar nieve precipitada de levantada
- En el interior del continente, la mayoría de la precipitación ocurre como una casi continua caída de cristales de hielo
- Sensores de precipitación ópticos comenzaron recientemente a utilizarse.

# Mediciones de Altura en la Antártida



# Ozonosondeos



# Observaciones en los océanos australes





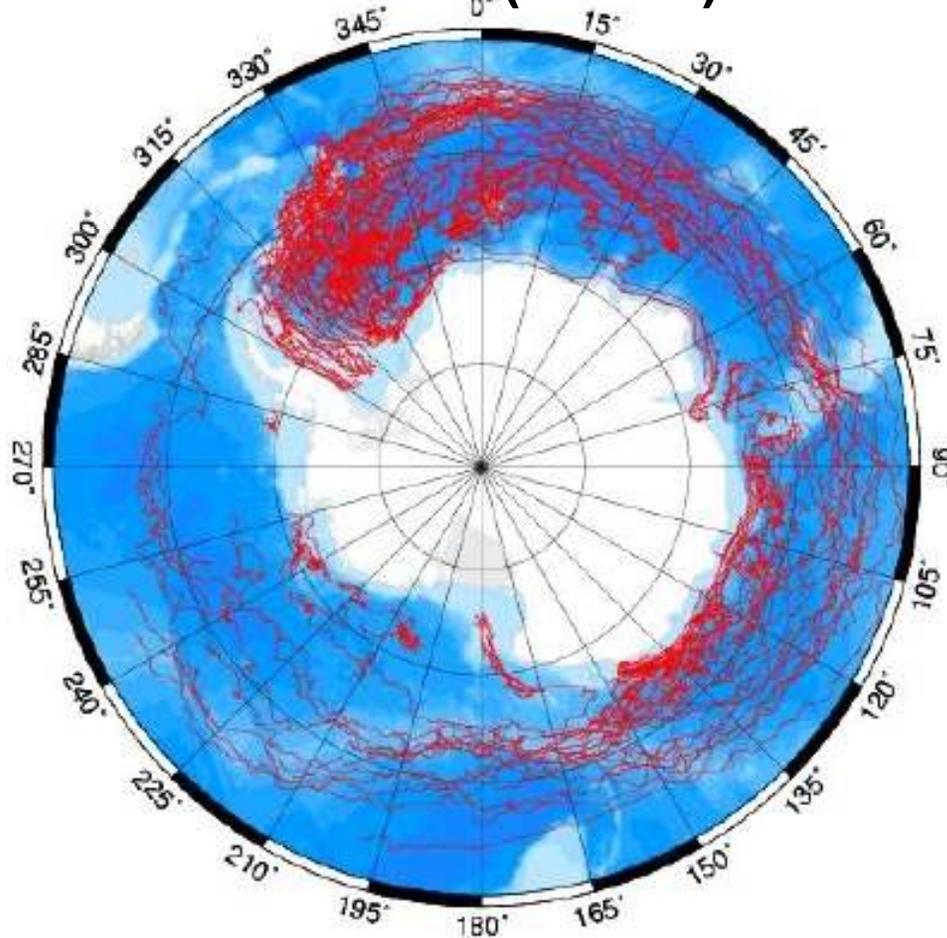
## Boyas derivantes

- Miden presión, viento, temperatura del aire, humedad,
- Boyas en mar libre miden también temperatura de la superficie del mar, salinidad
- Boyas en el hielo miden temperatura de la nieve o hielo, espesor de hielo
- Las boyas se lanzan duplicadas y generalmente durante el verano.
- Las boyas que estudian el hielo marino pueden lanzarse en mar abierto que luego eventualmente se congelará
- Se instalan desde barcos y a veces desde aviones
- Tienden a derivar hacia el norte por el flujo divergente del hielo marino alrededor de la Antártida (menor tiempo de vida útil dentro del hielo)

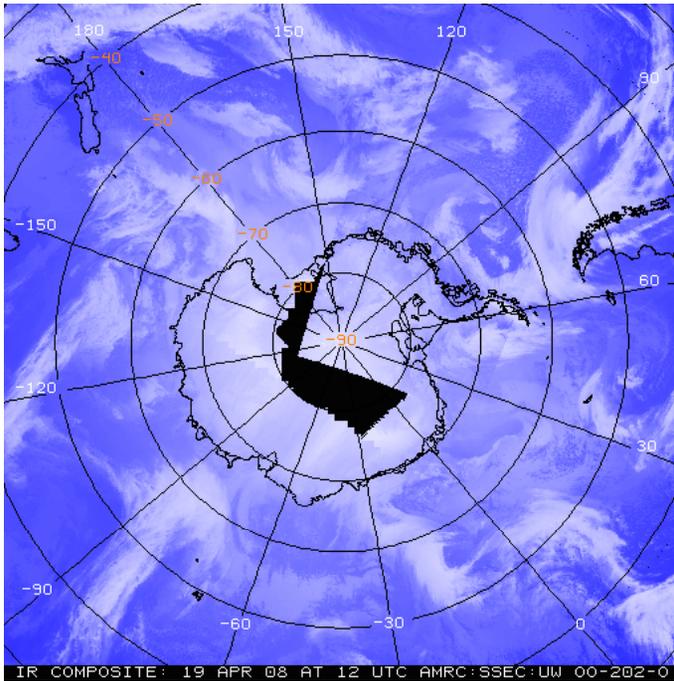


# International Programme for Antarctic Buoys (IPAB)

Proyecto conjunto del World Climate Research Program  
(WCRP) y Scientific Committee for Antarctic  
Research (SCAR)

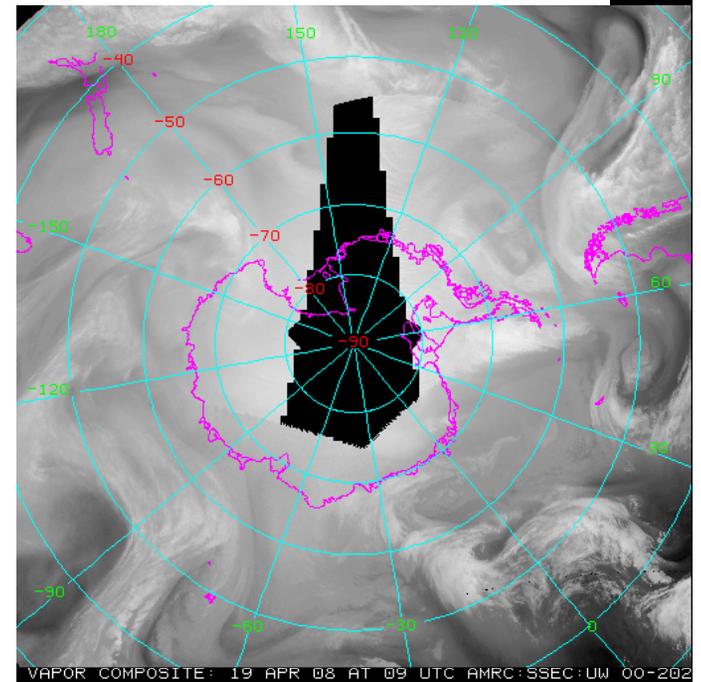


## Infrared Antarctic Composites

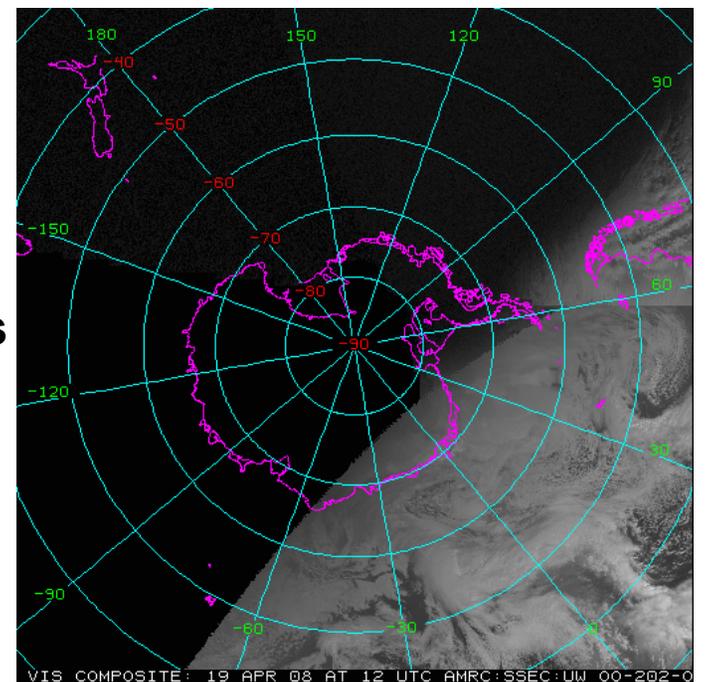


**Antarctic composites are a mosaic of GOES, Meteosat, GMS, DMSP and NOAA satellite data**

## Water Vapor Antarctic Composites



## Visible Antarctic Composites



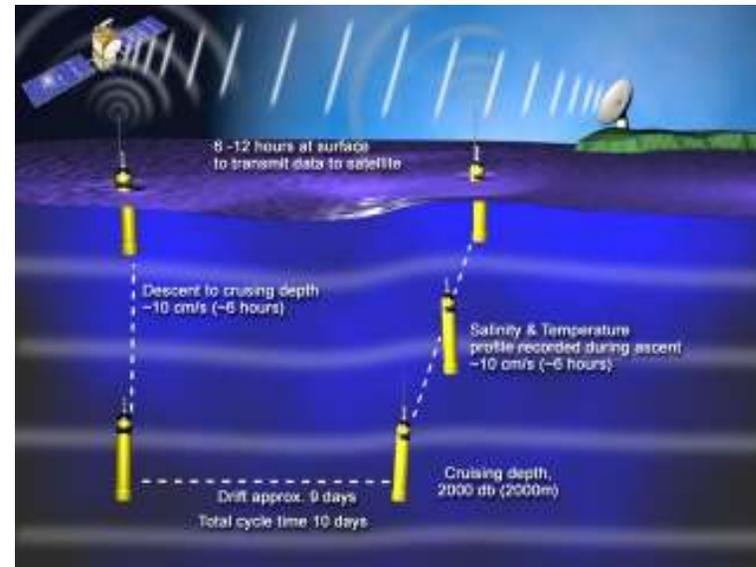
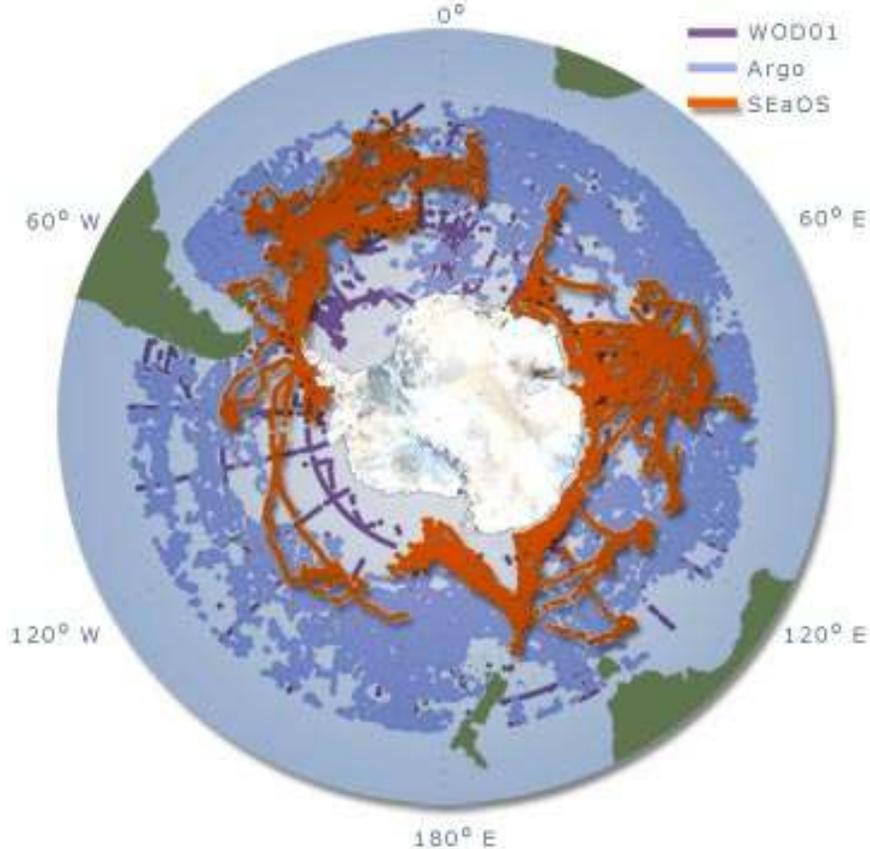
## Datos satelitales

- TOVS (Tiros Operational Vertical Sounder) de los satélites NOAA. HIRS (T y q en cielos despejados), MSU (T en cielos con nubes espesas), SSU (T en estratosfera).
- TOVS proporcionan desde los '80 una extensa cobertura de datos en los océanos australes
- Sensores de microondas pasivos (Nimbus 5,7, Sesat DMSP) proporcionan datos del hielo marino (extensión, clasificación, concentración)
- Radares en satélites de órbita polar proporcionan datos de viento de sup. de alta resolución (wind scatterometers, TOPEX/POSEIDON)
- Satélites lanzados para investigaciones climatológicas:
  - ATSR: datos de TSM y de skin temperature
  - ERBE: flujos de radiación, albedo.
- MODIS: datos de diferentes características del hielo marino

# Hielo Marino

- Información de hielo marino antes de la era satelital era muy limitada
- National Snow and Ice Center (<http://nsidc.org>) colecta observaciones satelitales, aviones y barcos para procesar productos de hielo marino en ambas zonas polares
- Mapas semanales y diarios (MODIS)
- Información de:
  - Extensión de hielo marino
  - Concentración de hielo marino
  - Temperatura en hielo marino
- Limitada información proveniente de campañas sobre deriva, deformación, velocidad, del hielo,

## OBSERVACIONES EN LOS OCEANOS AUSTRALES



SEaOS (Southern Elephant Seals for oceanographic samplers (2003-5) (Naranja)

Argo Floats (Azul)

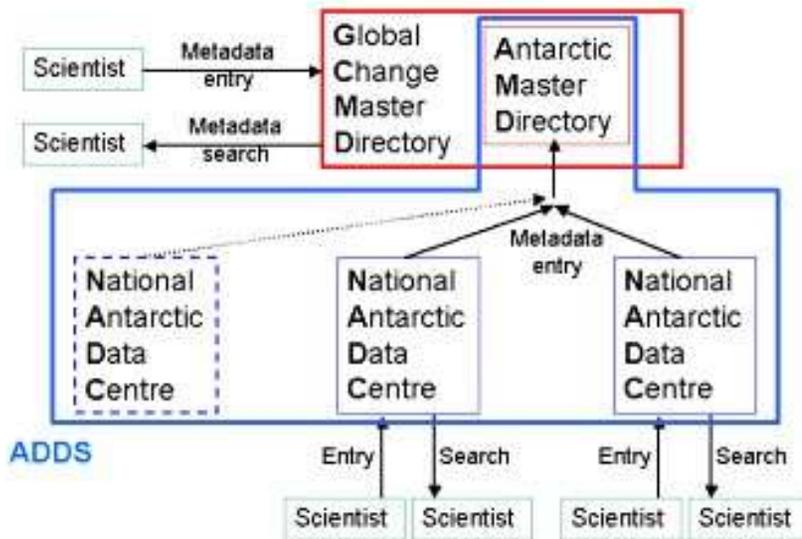
World Ocean Data Base (WOCE, 1990-1998), Violeta



# Antarctic Data Directory System (ADDS)

<http://www.jcadm.scar.org>

- ADDS está organizado por por el Scientific Comité on Antarctic Research (SCAR) y CONMAP (Council of Managers of National Antarctic Programmes).



- ADDS:
  - Antarctic Master Directory (AMD)
  - National Antarctic Data Centres (NADCS): Australia, Argentina, Belgium, Canada, Chile, Germany, Italy, Japan, Netherlands, New Zealand, Norway, Russia, Spain, Switzerland, United Kingdom, United States



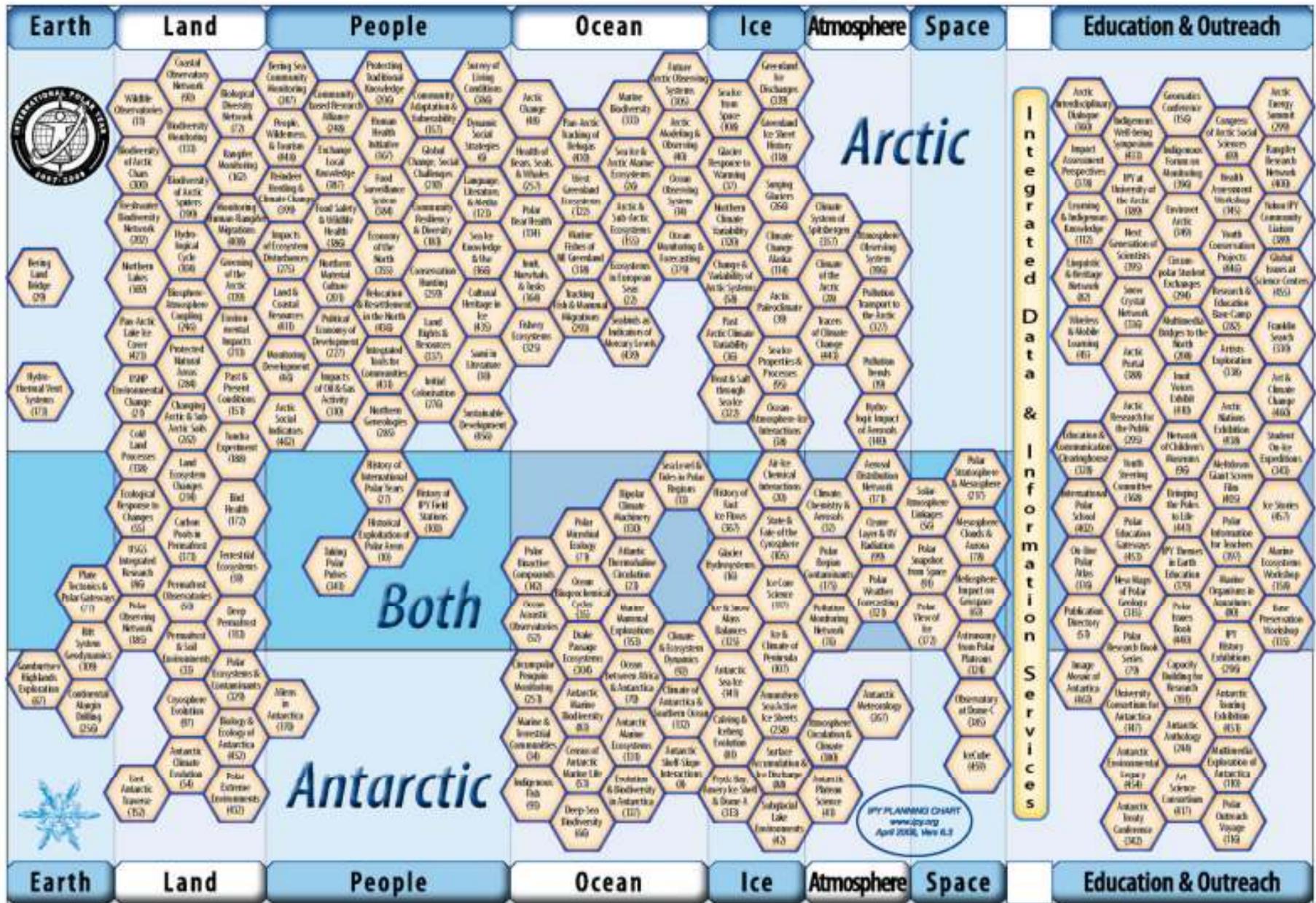
- Fue establecido por el WCRP en el 2000 para coordinar investigaciones de los procesos por los cual la criosfera interactúa con el resto del sistema climático
- The Latin American Snow and Ice Working Group
- Data and Information Center for CLIC (DISC)

<http://clic.npolar.no/>

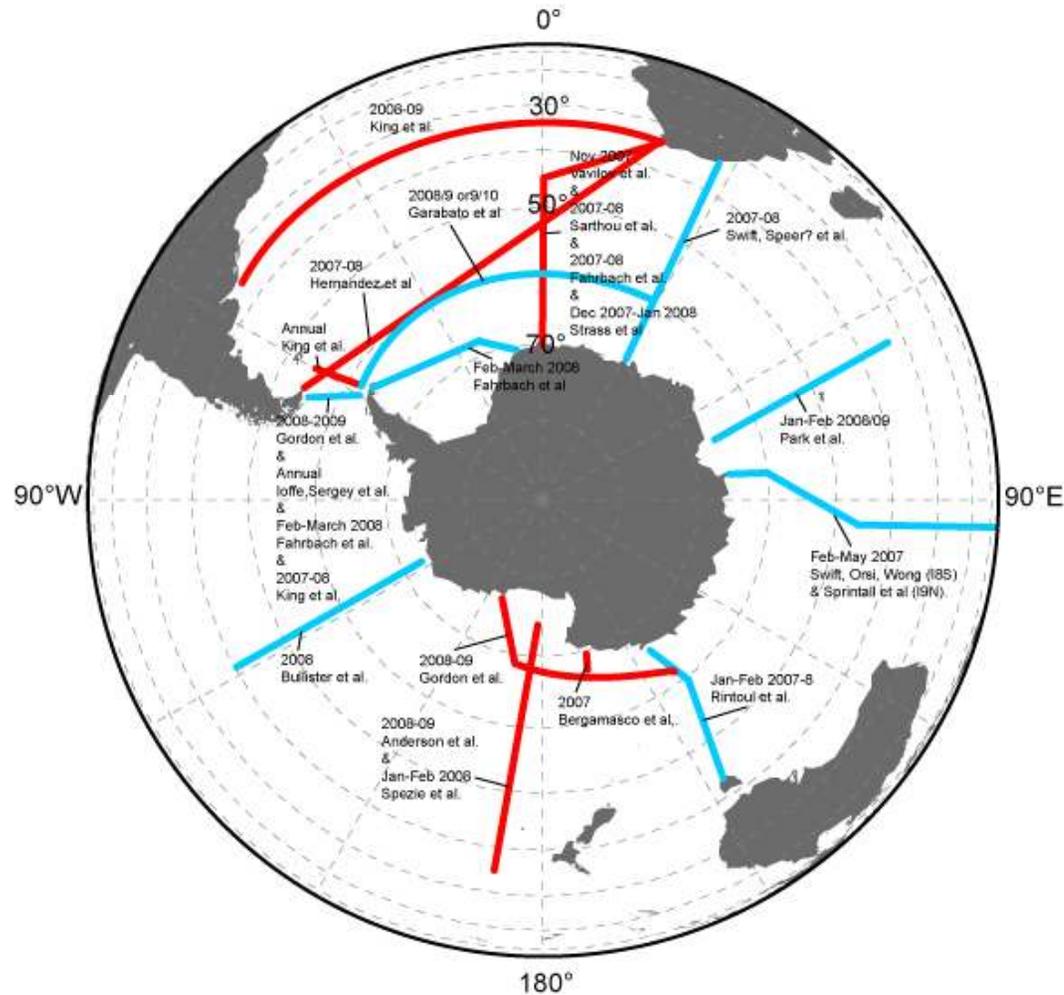


- IPY es el programa científico internacional que entre Marzo de 2007 y Marzo de 2009 se concentró en el Ártico y en la Antártida.
- IPY fue organizado por ICSU, WMO y fue el 4º año polar después de 1882-1883, 1932-1933 y 1957-1958.
- IPY incluyó un número sin precedentes de campañas de observación y proyectos de investigación concentrados en dos ciclos anuales completos de ambas regiones polares
- Involucró a mas de 200 proyectos, miles de científicos de mas de 60 países diferentes que examinaron un amplio rango de tópicos de investigación físicos, biológicos y sociales.

[www.ipy.org](http://www.ipy.org)



# Climate of Antarctica and the Southern Ocean (CASO): A Strategy for Climate Research for the International Polar Year



<http://www.clivar.org/organization/southern/CASO/>

— Proposed  
— Committed

# Observación y Modelado de la Atmósfera

- Descripción de la circulación general → requiere  
→ campos 3-dimensionales de las variables  
atmosféricas
- Necesidad de promediar:
  - Promedios zonales
  - Promedios temporales
  - Promedios de conjuntos (Composiciones)

# Promediando la atmósfera

## Promedio Zonal

$$[Q] = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} Q d\lambda$$

$$Q^* = Q - [Q]$$

$$[[Q]] = [Q]$$

$$[Q^*] = 0$$

# Promediando la Atmósfera

## Promedio temporal

$$\overline{Q} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} Q dt$$

$$Q' = Q - \overline{Q}$$

- Necesidad de períodos temporales largos  
(Espectro de energía en la atmósfera: rojo o markoviano)
- Promedios de conjuntos o composiciones
  - Fuerte variación estacional de la circulación  
(Promedios estacionales)
  - Variaciones interanuales

# Promediando la Atmósfera

$$[Q^{*2}]$$

Varianza

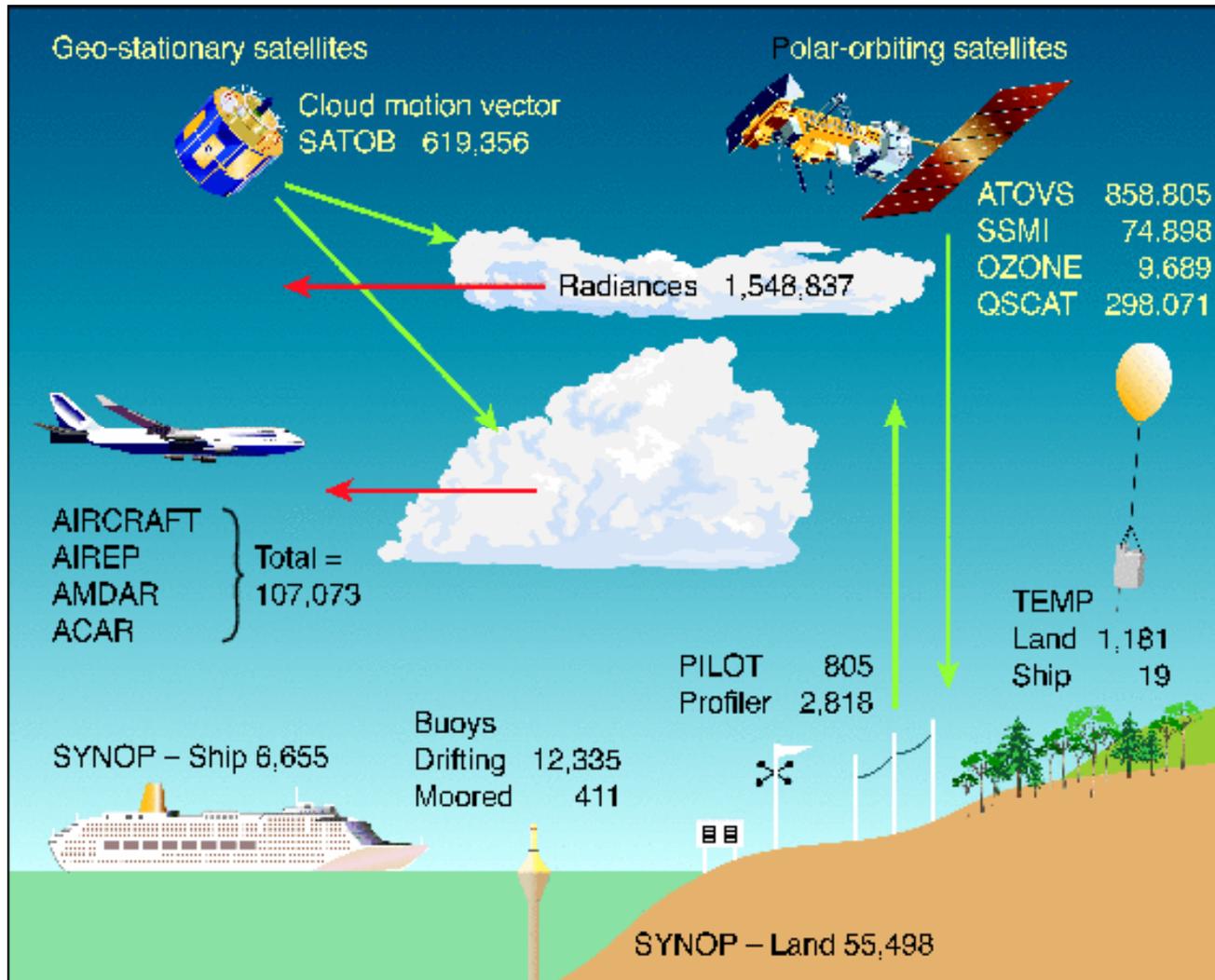
$$\overline{Q'^2}$$

$$[Q^* \overline{V^*}]$$

Covarianza:  
Flujos de las  
perturbaciones

$$\overline{(Q'V')}$$

# Sistema de Observaciones Global



24h summary of observations received at ECMWF, 5 July 2004

# UPPER-AIR OBSERVATIONS

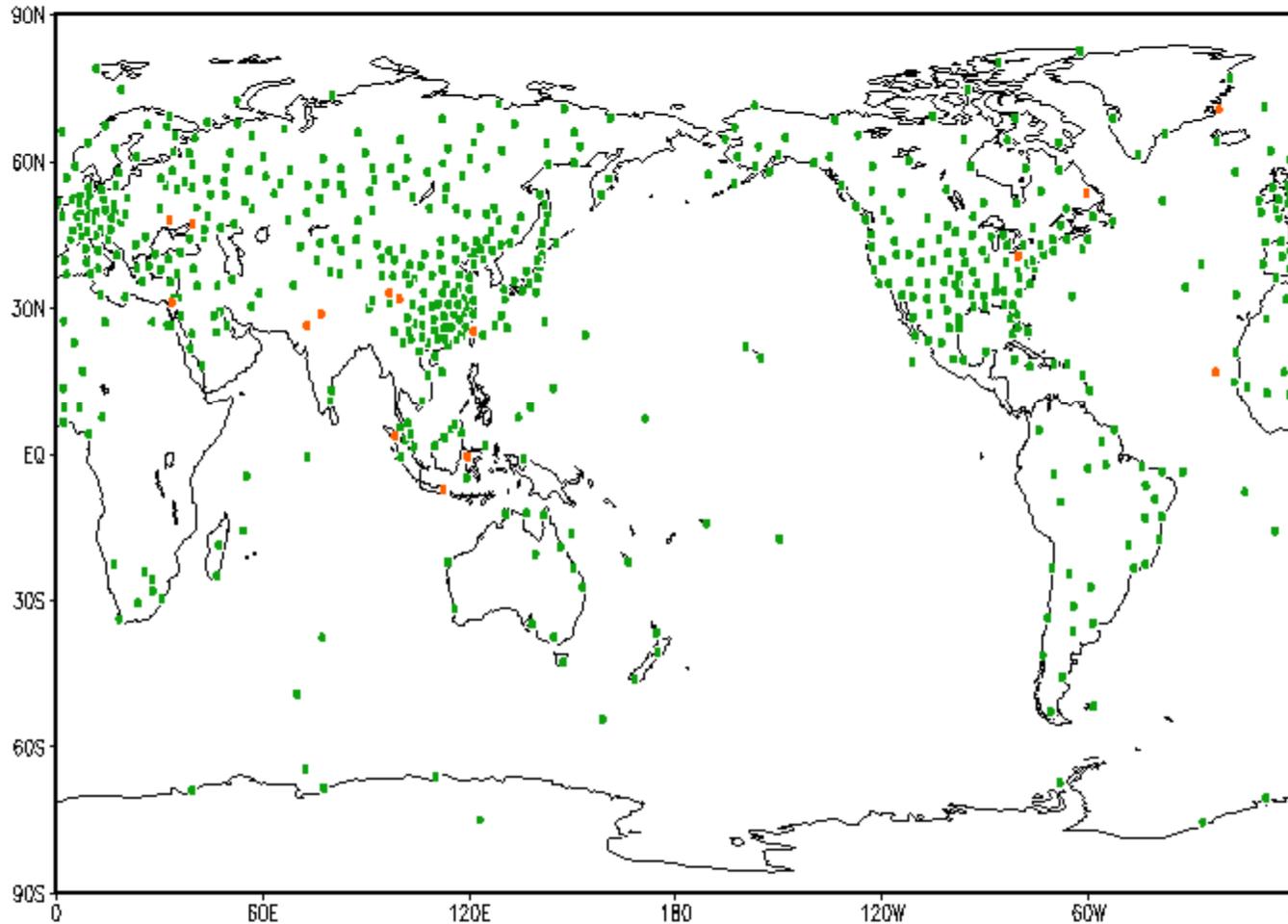
## RADIOSONDES

12Z01MAR2007 FNL WIND Coverage from RAWINDSONDES 700–300 mb

Accepted 6210

Rejected 155

Type 220



# UPPER-AIR OBSERVATIONS

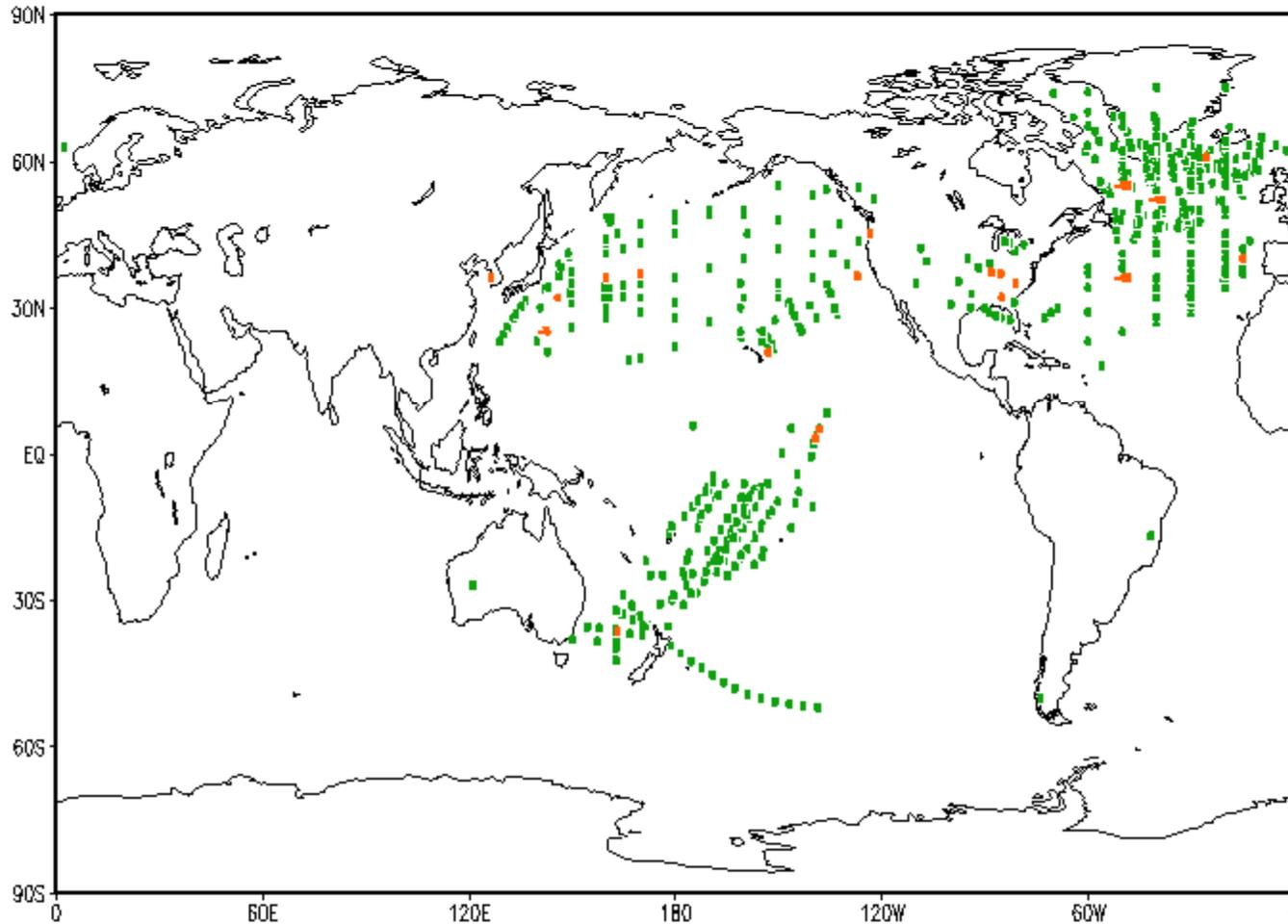
## AIRCRAFTS

12Z01MAR2007 FNL WIND Coverage from AIRCRAFT 300–150 mb

Accepted 902

Rejected 28

Type 230

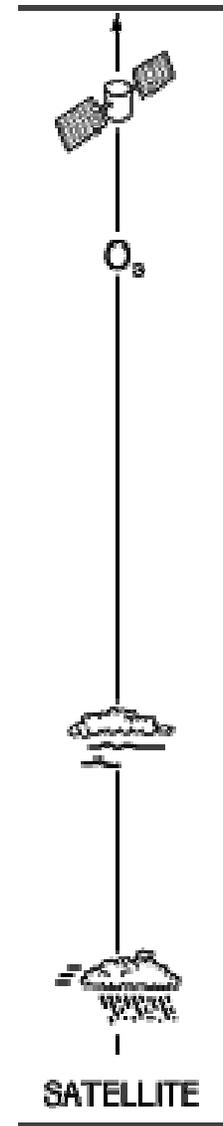
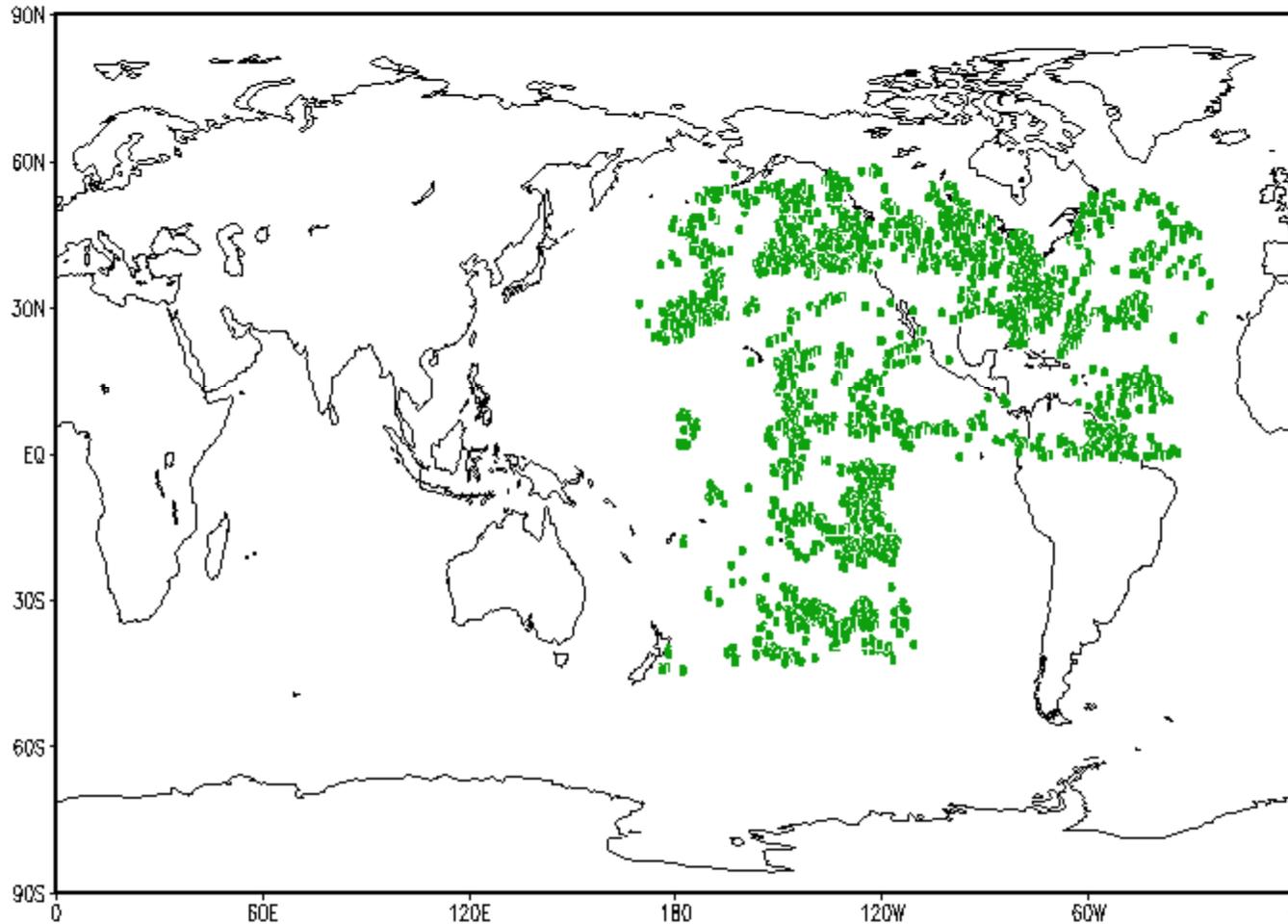


# UPPER-AIR OBSERVATIONS

## GEOSTATIONARY SATELLITES

12Z01MAR2007 FNL WIND Coverage from GOES\_HI\_DENS\_IR 700–300 mb

Accepted 3410      Rejected 0      Type 245



# UPPER-AIR OBSERVATIONS

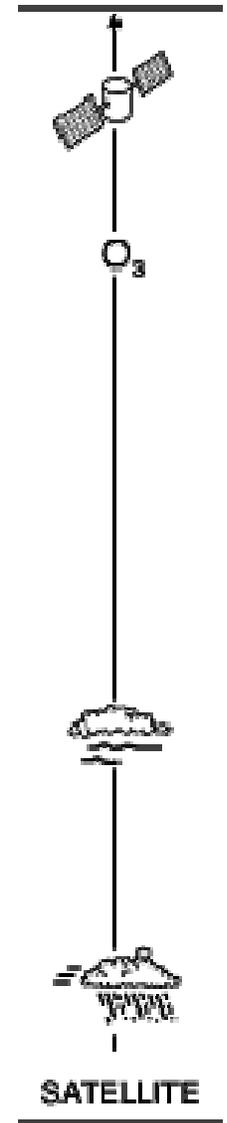
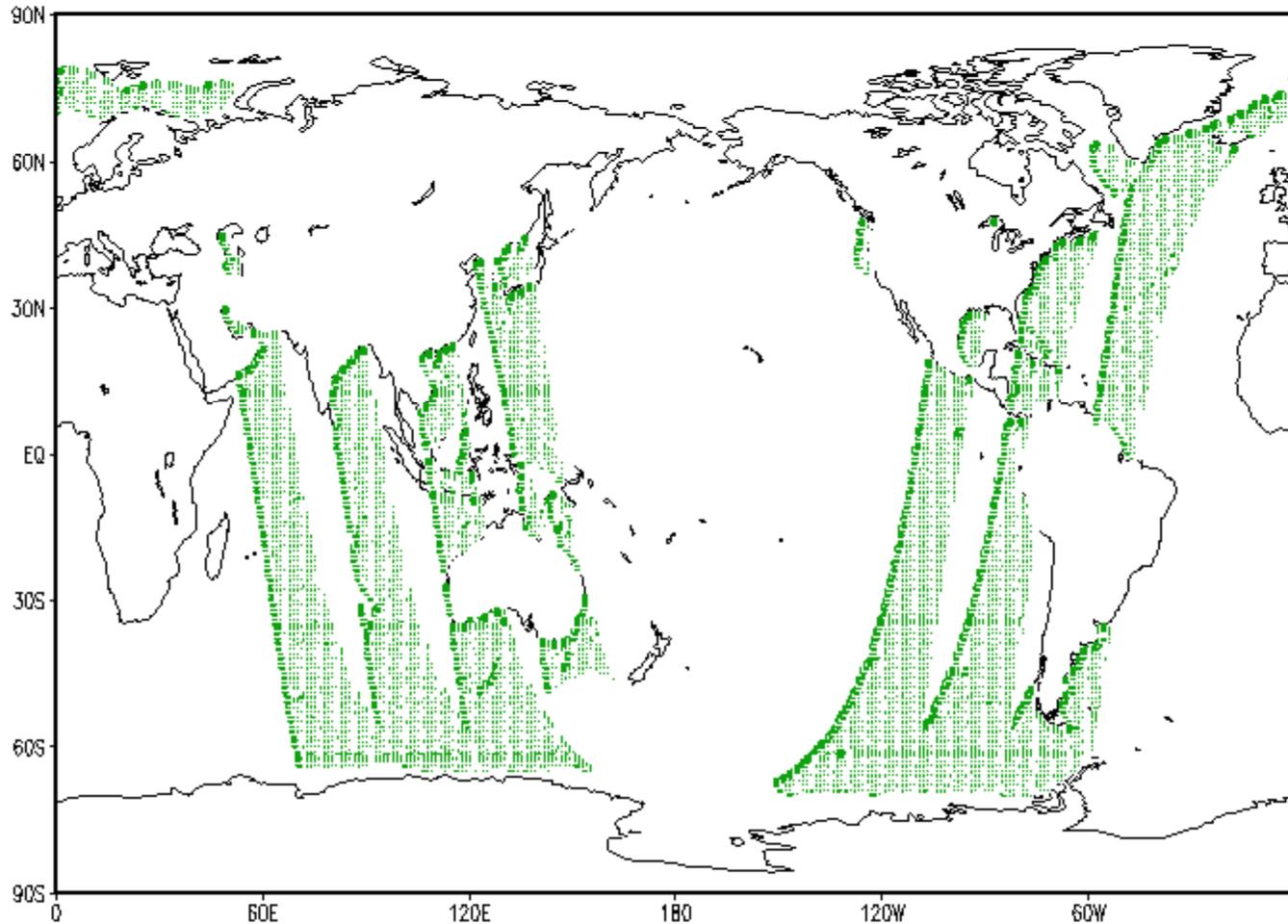
## ORBITING SATELLITES

12Z01MAR2007 FNL WIND Coverage from SSMI/P

Accepted 10029

Rejected 0

Type 283

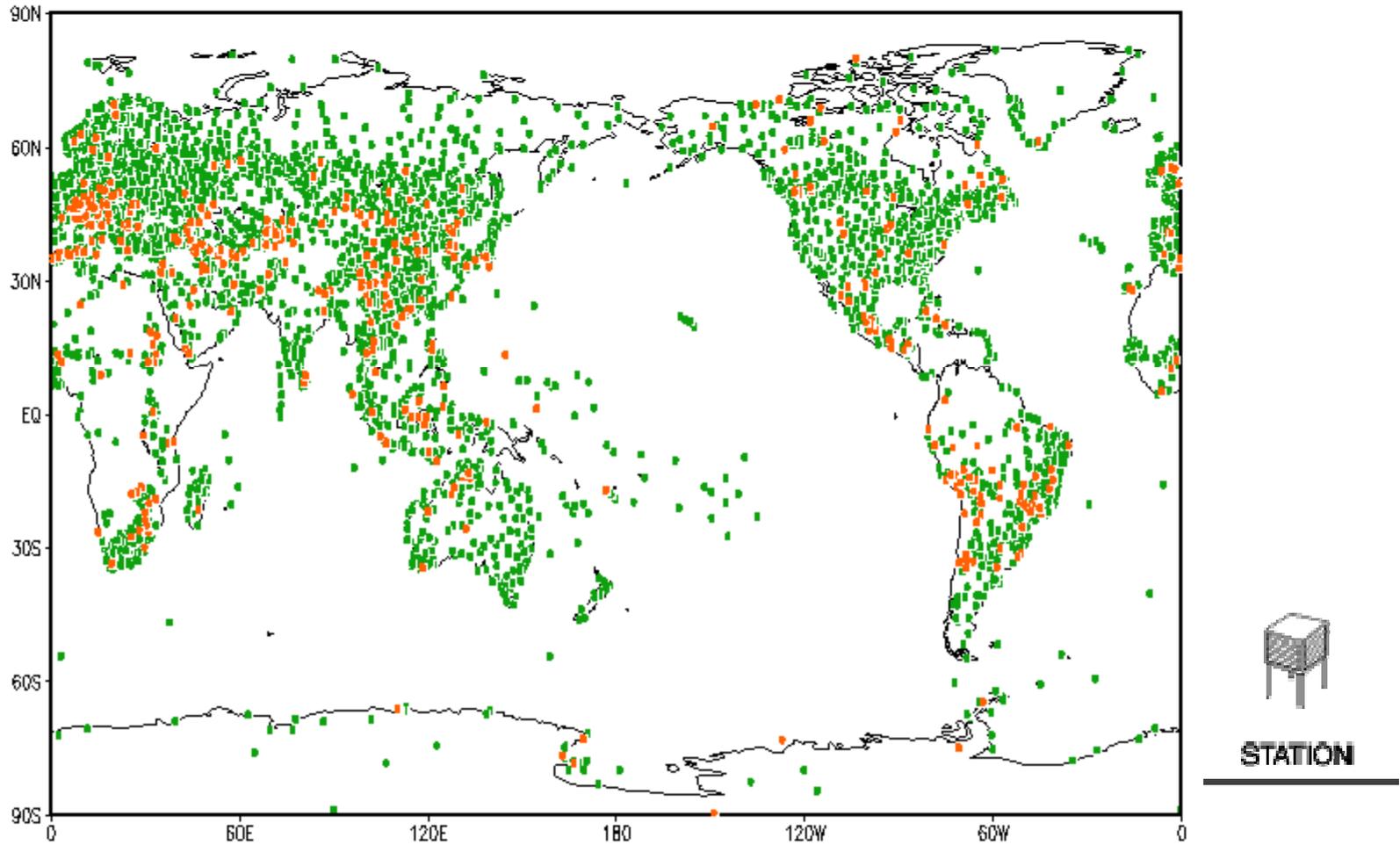


## SURFACE OBSERVATIONS

### SURFACE STATIONS

12Z01MAR2007 FNL Surface\_Pressure Coverage from LAND\_SURFACE\_STATIONS

Accepted 4637      Rejected 444      Type 181

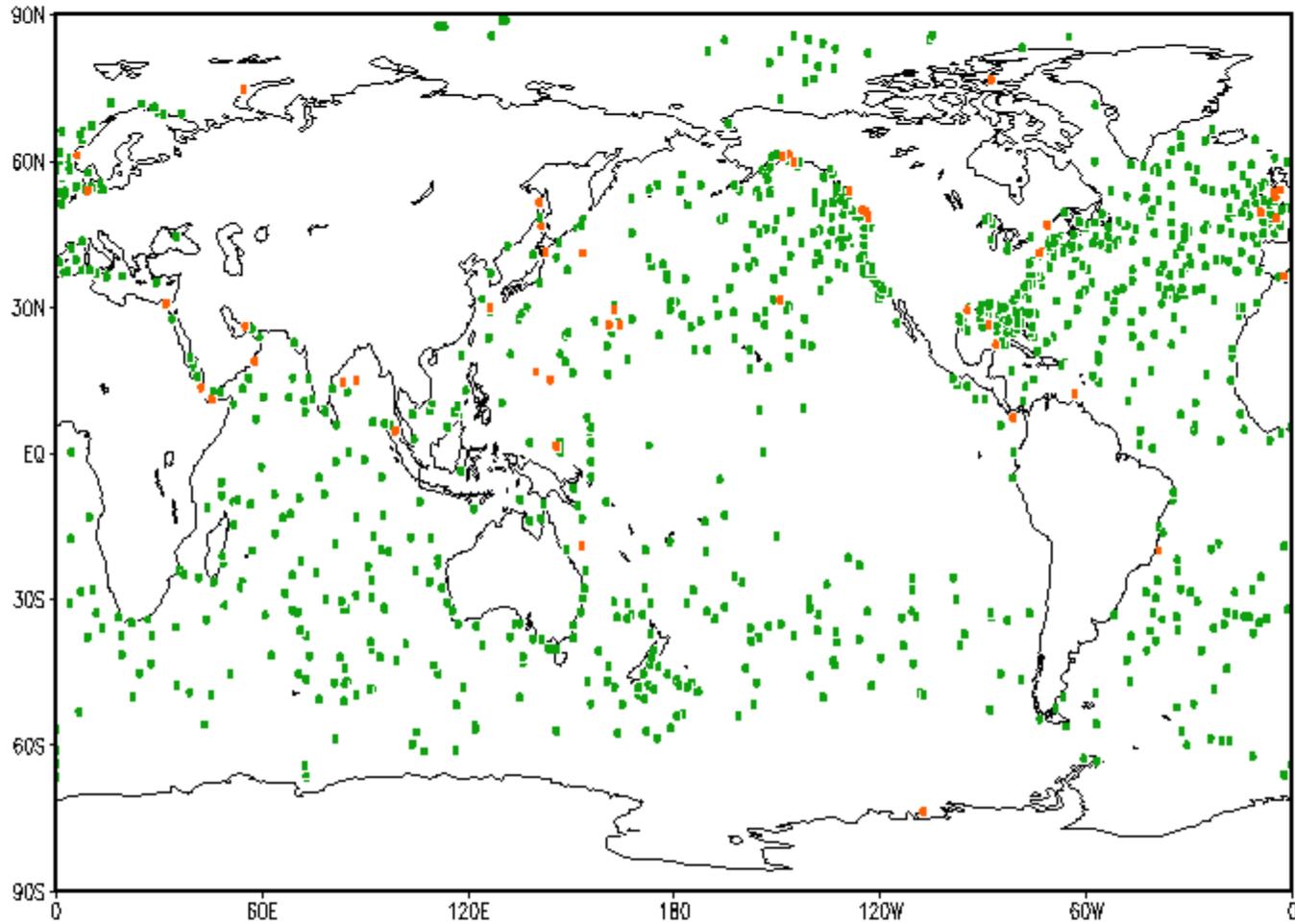


# SURFACE OBSERVATIONS

## SHIPS

12Z01MAR2007 FNL Surface\_Pressure Coverage from MARINE\_ALL

Accepted 1255      Rejected 60      Type 180



# SURFACE OBSERVATIONS

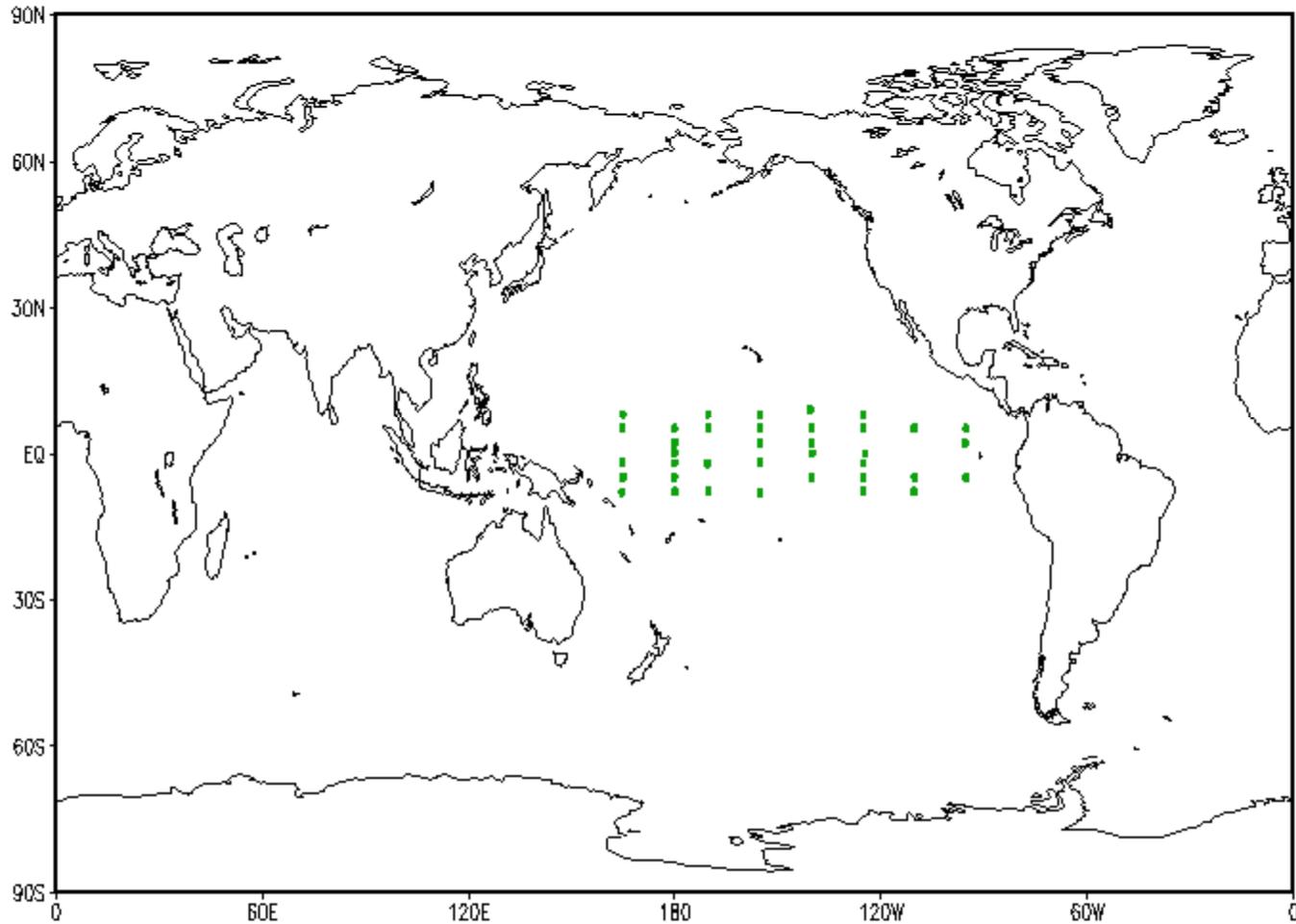
## BUOYS

12Z01MAR2007 FNL WIND Coverage from BUOYS

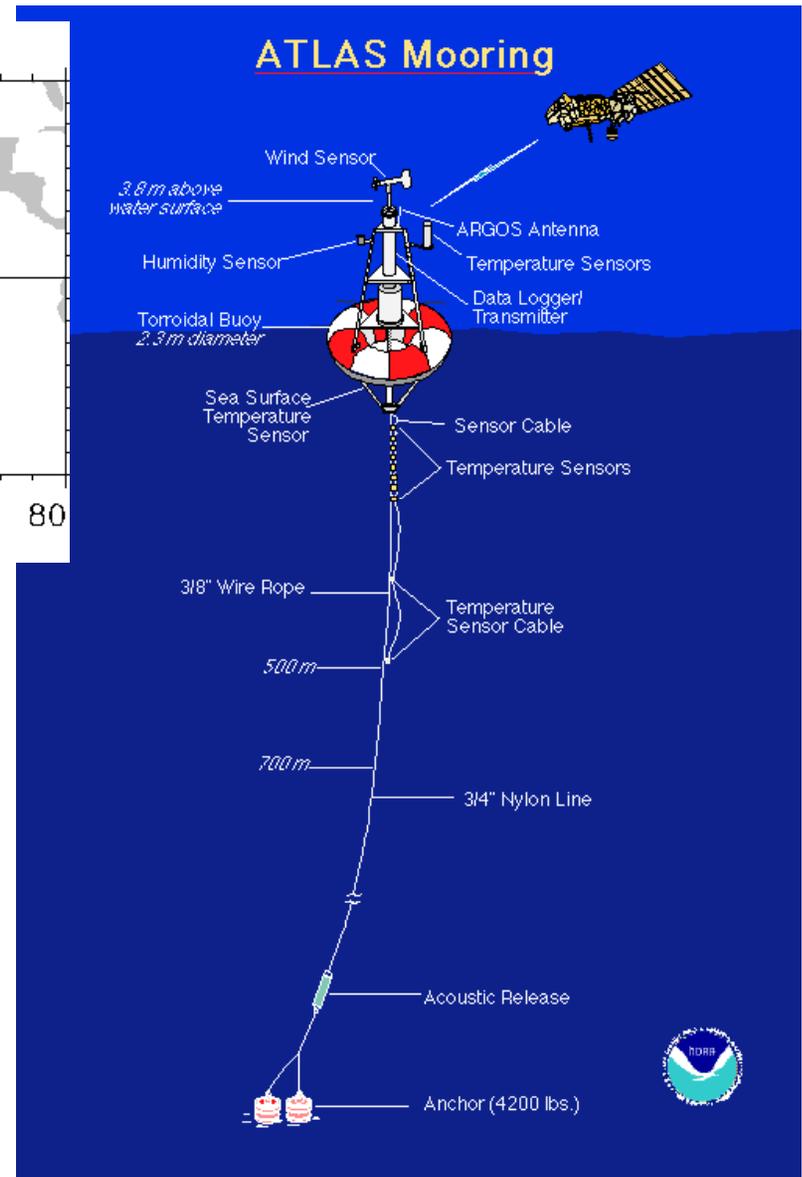
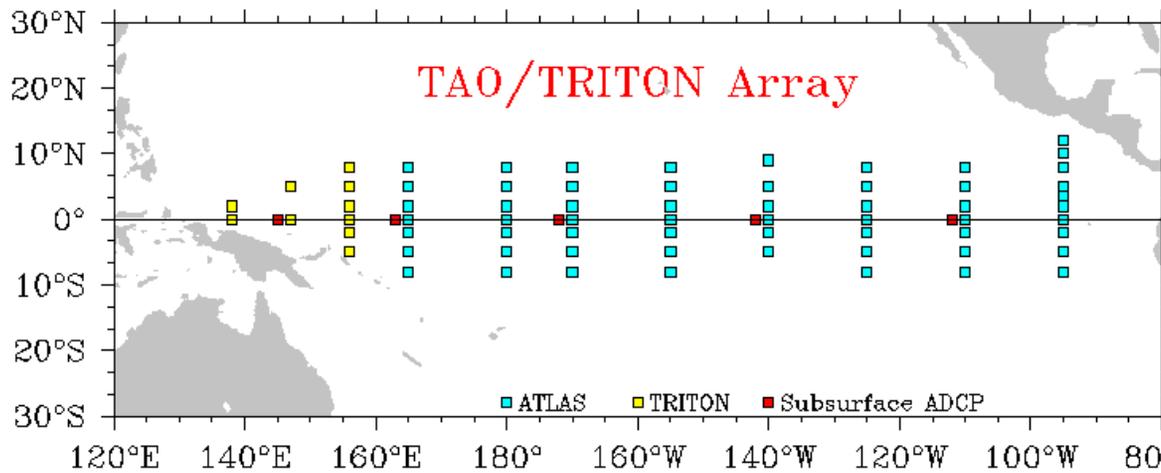
Accepted 66

Rejected 0

Type 282



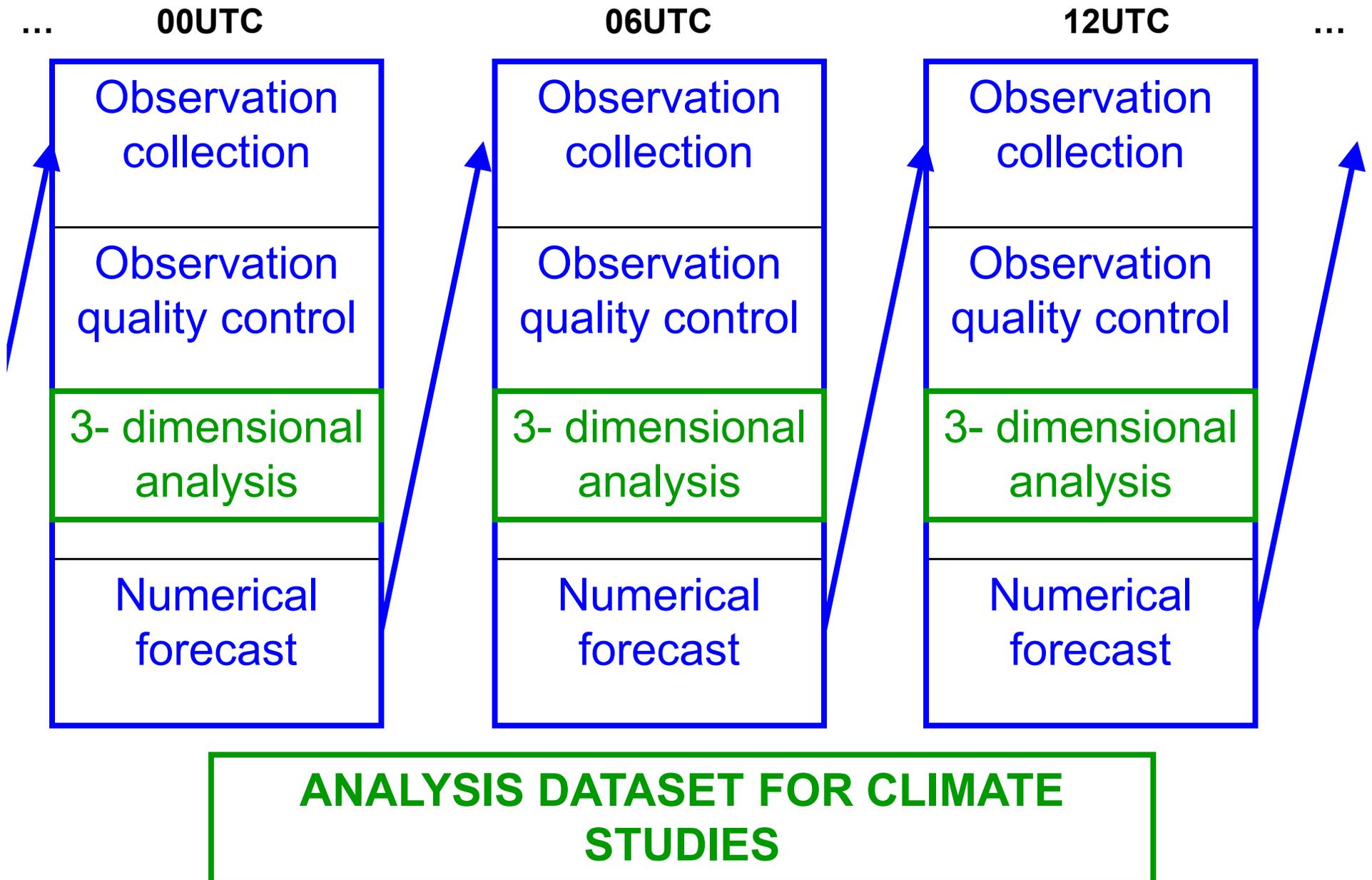
# Tropical Atmosphere-Ocean Array



# Sistema de Análisis - Pronóstico

- Predicciones numéricas del tiempo requieren de condiciones iniciales
- Observaciones de la Atmósfera y los Océanos irregularmente distribuidas en tiempo y espacio
- Análisis Meteorológico:
  - Subjetivo
  - Objetivo (métodos dinámicos-estadísticos que combinan las observaciones a partir de un campo preliminar)

# Sistema de Asimilación de Datos



## Base de datos: “Re-análisis”

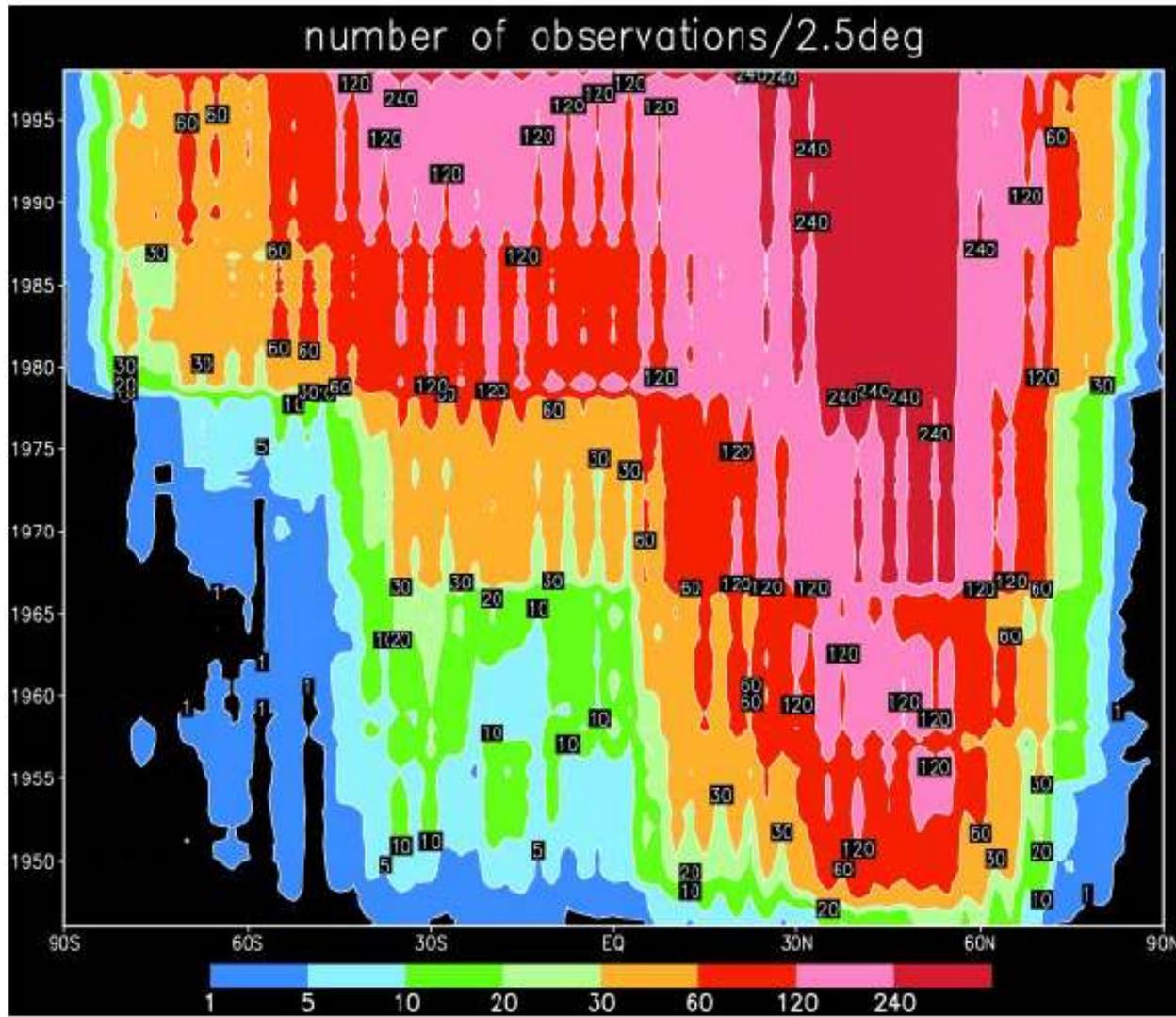
- Los análisis operacionales son afectados por cambios en los modelos, en las técnicas de análisis objetivo, asimilación y en los datos usados. Ellos también solo pueden hacer uso de aquellos datos que están disponibles en tiempo real.
- Esto afecta el monitoreo del clima ya que tales cambios planeados para mejorar el pronóstico a corto plazo, producen cambios aparentes en el clima. Cantidades fundamentales tales como la intensidad de la celda de Hadley han cambiado con los años como el resultado de los cambios en los sistemas de asimilación de datos.
- Las bases de datos de re-análisis se construyen con sistemas de asimilación de datos de última generación “congelados” e incluyendo la mayor cantidad de observaciones disponibles y con mejores técnicas de control de calidad.

NCEP-NCAR reanalyses (1948-continúa)

ECMWF reanalyses: ERA 40 (1960-1999)

ERA Interim

Zonal mean number of all types of observations per 2.5degree lat-lon box per month in the NCEP reanalyses. A 12-month running mean has been applied



(Kistler et al 2001, BAMS)